

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA EM PROTEÇÃO E
DEFESA CIVIL**

Josiane Cristina dos Santos Ferreira Aguiar

**Riscos geológicos no município de Belo Horizonte (MG): uma análise da
distribuição espacial das ocorrências registradas pela Defesa Civil Municipal
entre os anos de 2009 e 2023**

**Juiz de Fora
2024**

Josiane Cristina dos Santos Ferreira Aguilar

Riscos geológicos no município de Belo Horizonte (MG): uma análise da distribuição espacial das ocorrências registradas pela Defesa Civil Municipal entre os anos de 2009 e 2023

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil. Área de concentração: Defesa Civil.

Orientador: Prof. Dr. Christian Ricardo Ribeiro

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

dos Santos Ferreira Aguilar, Josiane Cristina .

Riscos geológicos no município de Belo Horizonte (MG): : uma análise da distribuição espacial das ocorrências registradas pela Defesa Civil Municipal entre os anos de 2009 e 2023 / Josiane Cristina dos Santos Ferreira Aguilar. -- 2024.

80 p.

Orientador: Christian Ricardo Ribeiro

Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Especialização em Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil, 2024.

1. Riscos Geológicos. 2. Belo Horizonte. 3. Defesa Civil. I. Ribeiro, Christian Ricardo , orient. II. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA EM PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL

Ata da sessão pública referente à defesa do Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado "Riscos geológicos no município de Belo Horizonte (MG): uma análise da distribuição espacial das ocorrências registradas pela Defesa Civil Municipal entre os anos de 2009 e 2023" pela discente Josiane Cristina Ferreira dos Santos Aguilar, matrícula 112960058, sob orientação do professor do curso Christian Ricardo Ribeiro.

Aos 06 dias do mês de junho do ano de 2024, às 16 horas, na modalidade virtual, reuniu-se a Banca Examinadora do TCC em epígrafe, com a seguinte composição:

Orientador: Dr. Christian Ricardo Ribeiro (UFABC).

Examinadora 1: Dra Tatiana Tavares Rodriguez (UFJF).

Examinadora 2: Especialista Cap. Vanessa Leandro Filippo (CBMMG).

Tendo o senhor Presidente declarado aberta a sessão, mediante o prévio exame do referido trabalho por parte de cada membro da Banca, o discente procedeu a apresentação de seu Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-graduação lato sensu e foi submetido à arguição pela Banca Examinadora que, em seguida, com base na nota 9,84 calculada pela planilha de avaliação do curso, deliberou sobre o seguinte resultado:

Reprovação por nota (Conceito R)

Aprovação por nota (Conceito A)

Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Tatiana Tavares Rodriguez, Professor(a)**, em 25/07/2024, às 09:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Christian Ricardo Ribeiro, Usuário Externo**, em 25/07/2024, às 09:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Leandro Filippo, Usuário Externo**, em 25/07/2024, às 10:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1884617** e o código CRC **19CE7C28**.

Referência: Processo nº 23071.908703/2023-44

SEI nº 1884617

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus que me guia e ilumina a minha caminhada diariamente. E que me tem dado forças para sempre continuar seguindo em meio às provações. Agradeço, pois, ele me deu forças para continuar a escrever mesmo quando não conseguia por ter tido COVID e Dengue.

Agradeço também aos meus pais que sempre me incentivaram a estudar e sempre estiveram ao meu lado. Agradeço também a minha mãe por ter vindo do interior somente para cuidar de mim quanto tive Dengue. Se não fosse o cuidado e o carinho, não tinha conseguido recuperar por completo e sair da cama.

Agradeço ao meu esposo Matheus pela sua paciência, oração, parceria e imensa compreensão para comigo pelo tempo que estive um pouco ausente para poder desenvolver o trabalho.

Agradeço aos colegas de trabalho Gilmar Siqueira, pelas dicas e orientações; Julmar Nunes, pela compreensão de sempre e a equipe da Gerência de Controle de Licenciamento Urbanístico e Ambiental de Infraestrutura pelo apoio.

Aos amigos que Deus colocou em meu caminho, e aos colegas de sala que tive a oportunidade de conhecer por meio do curso: Rafaella e Grazi. Agradeço pelo apoio, auxílio e por compartilhar conhecimento, experiências, creio que tornará uma boa amizade.

Agradeço também ao professor Christian Ricardo Ribeiro pelo auxílio, orientação, atenção e disponibilidade em sempre ensinar.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a confecção deste trabalho.

Sou grata a Deus por todas as dificuldades que enfrentei. Pois em tudo damos graça conforme a vontade dele! Mesmo diante das adversidades.

(1 Tessalonicenses 5.18)

RESUMO

O presente estudo propõe uma análise abrangente dos riscos geológicos no município de Belo Horizonte, utilizando dados fornecidos pela Defesa Civil referentes às ocorrências registradas entre os anos de 2009 a 2023. O objetivo geral desta pesquisa foi conduzir uma análise detalhada dos dados por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), a fim de identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos riscos. Para alcançar o objetivo, foram estabelecidos objetivos específicos, que incluíram a consolidação e tratamento dos dados recebidos pela Defesa Civil, a classificação e correlação das ocorrências de risco geológico com as divisões regionais do município e uma análise minuciosa das áreas mais afetadas. A metodologia adotada envolveu a aplicação do Sistema de Informação Geográfica para o processamento e análise dos dados, incluindo a sobreposição das áreas de risco com outras camadas geográficas, como edificações e declividade do terreno. Os resultados obtidos revelaram padrões significativos de ocorrências em determinadas regiões do município, demonstrando uma clara correlação entre fatores naturais e antrópicos com os riscos geológicos identificados. Este estudo contribui de forma substancial para uma melhor compreensão dos processos relacionados aos riscos geológicos em Belo Horizonte, fornecendo informações valiosas para a tomada de decisões pela gestão municipal. No entanto, vale ressaltar que o trabalho não se encerra aqui e sugere diversas oportunidades para pesquisas futuras. Entre elas, destaca-se a necessidade de aprofundar a análise das intervenções realizadas nas áreas afetadas e avaliar sua eficácia a longo prazo. Além disso, sugere-se a realização de estudos complementares para investigar a influência de outros fatores, como mudanças climáticas nos riscos geológicos do município. O estudo não apenas amplia o entendimento sobre os riscos geológicos em Belo Horizonte, mas também destaca a importância de uma abordagem integrada e proativa na gestão desses riscos, visando garantir a segurança e o bem-estar da população local.

Palavras-chave: Riscos Geológicos; Belo Horizonte; Defesa Civil; Geoprocessamento.

ABSTRACT

The present study proposes a comprehensive analysis of geological risks in the municipality of Belo Horizonte, using data provided by the Civil Defense regarding occurrences recorded between 2009 and 2023. The general objective of this research was to conduct a detailed analysis of the data through the Geographic Information System (GIS), in order to identify the factors contributing to the occurrence of risks. To achieve this goal, specific objectives were established, which included the consolidation and treatment of data received from the Civil Defense, the classification and correlation of geological risk occurrences with the regional divisions of the municipality, and a detailed analysis of the most affected areas. The methodology adopted involved the application of the Geographic Information System for data processing and analysis, including the overlay of risk areas with other geographical layers, such as buildings and terrain slope. The results revealed significant patterns of occurrences in certain regions of the municipality, demonstrating a clear correlation between natural and anthropogenic factors with the identified geological risks. This study substantially contributes to a better understanding of the processes related to geological risks in Belo Horizonte, providing valuable information for decision-making by municipal management. However, it is worth noting that the work does not end here and suggests several opportunities for future research. Among them, there is a need to deepen the analysis of interventions carried out in affected areas and evaluate their long-term effectiveness. Additionally, complementary studies are suggested to investigate the influence of other factors, such as climate change and human activities, on the geological risks of the municipality. The study not only expands the understanding of geological risks in Belo Horizonte but also highlights the importance of an integrated and proactive approach to managing these risks, aiming to ensure the safety and well-being of the local population.

Keywords: Geological Risks; Belo Horizonte; Civil Defense; Geoprocessing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo erosivo fluvial no Grand Canyon	20
Figura 2 - Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil	24
Figura 3 - Mapa das Regionais Administrativas	32
Figura 4 - Mapa geológico de Belo Horizonte	33
Figura 5 - Comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano em Belo Horizonte.....	35
Figura 6 - Biomas de Minas Gerais	36
Figura 7 - Tipologias de riscos utilizadas	37
Figura 8 - Áreas de riscos geológicos em Belo Horizonte	39
Figura 9 - Mapa de declividade de Belo Horizonte.....	42
Figura 10 - Mapa de Bacias Hidrográficas de Belo Horizonte.....	44
Figura 11 - Bacias Hidrográficas de Belo Horizonte e tipos de cursos d'água	45
Figura 12 – Ocorrências em área de risco em Belo Horizonte	55
Figura 13 - Ocorrências fora da área de risco em Belo Horizonte.....	55
Figura 14 - Áreas de riscos geológicos na regional Noroeste	58
Figura 15 - Áreas de riscos geológicos na regional Oeste	59
Figura 16 - Áreas de riscos geológicos na regional Barreiro	60
Figura 17 - Edificações em área de risco – regional Noroeste	62
Figura 18 - Edificações em área de risco – regional Oeste.....	63
Figura 19 - Edificações em área de risco – regional Barreiro.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das tipologias	18
Quadro 2 - Conceitos em Proteção e Defesa Civil	22
Quadro 3 - Percentual de declividade de Belo Horizonte	40
Quadro 4 - Bacias Hidrográficas de Belo Horizonte	46
Quadro 5 - Tipologias utilizadas pela Defesa Civil de Belo Horizonte.....	46
Quadro 6 - Ocorrências registradas pela Defesa Civil de 2009 a 2023.....	47
Quadro 7 - Classificação dos dados e a correlação entre as tipologias e as diferentes regiões - 2009 a 2023	51
Quadro 8 - Quantitativo de ocorrências registradas pela Defesa Civil de Belo Horizonte dentro e fora da área de risco	52

Quadro 9 - Sobreposições dos riscos mapeados pela PBH com as ocorrências- Regional Noroeste, Oeste e Barreiro	56
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Registros geológicos de 2009 a 2023.....	48
Gráfico 2 - Registros geológicos por regionais de 2009 a 2023.....	49
Gráfico 3 - Percentual de registros geológicos de 2009 a 2023.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Áreas de Preservação Permanente
COBRADE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
CODAR	Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos
CONPDEC	Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
ONU	Organização das Nações Unidas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PNPDC	Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIMPDEC	Sistema de Informações e Monitoramento em Proteção e Defesa Civil
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
SUDECAP	Superintendência de Desenvolvimento da Capital
SUPDEC	Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil
TR	Tempo de Retorno
UP	Unidade de Preservação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 RISCOS GEOLÓGICOS E SUAS CLASSIFICAÇÕES.....	16
2.1.1 Movimento de massa.....	17
2.1.2 Erosão	19
2.2 POLÍTICA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL	22
2.2.1 Definições relacionadas ao tema Proteção e Defesa Civil.....	22
2.2.2 Gestão de risco e desastres.....	25
2.3 FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO.....	26
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
3.1 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DO ESTUDO.....	29
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	31
3.2.1 Localização	31
3.2.2 Geologia	33
3.2.3 Relevo.....	34
3.2.4 Clima.....	34
3.2.5 Bioma.....	35
3.2.6 Áreas mapeadas pela Prefeitura de Belo Horizonte como suscetíveis a riscos	37
3.2.7 Declividade.....	40
3.1.8 Bacias Hidrográficas	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 REGISTROS DE OCORRÊNCIAS GEOLÓGICAS	46
4.2 EDIFICAÇÕES EM ÁREAS DE RISCO	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67
ANEXO A – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)	74

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Belo Horizonte foi idealizada para ser a capital do estado de Minas Gerais na década de 1890, no final do século XIX, tendo sido projetada na parte central do estado, em região conhecida na época como Arraial do Curral Del Rei, pelo engenheiro Aarão Reis (Prefeitura de Belo Horizonte, 2018).

Na década de 40 do século XX, a industrialização contribuiu para o aumento populacional da capital, pois fez com que pessoas de várias regiões do estado migrassem para Belo Horizonte, ocasionando o êxodo rural e, conseqüentemente, o aumento populacional, especialmente nas regiões norte e oeste do município, em função de menor declividade (Borsagli, 2011).

Esse crescimento populacional nos grandes centros urbanos fez com que o processo de ocupação do solo acontecesse de forma desordenada e segregada (Lucas et al., 2015). À medida que a cidade se desenvolvia, a população também crescia e ocupava áreas marginais sem infraestrutura ou planejamento urbano, pois o custo de se morar em áreas planejadas era oneroso e limitado para a população com menor poder aquisitivo (Rodrigues, 2020). O aumento demográfico nas áreas periféricas é alto, o que influencia várias famílias a morarem em áreas com pouca infraestrutura e com falta de saneamento básico (Souza, 2023). Segundo Duarte (2004), o aumento de impermeabilização do solo, o assoreamento de cursos d'água e o lançamento clandestino de esgotos são resultados da intensa e desordenada urbanização.

No Brasil, boa parte dos desastres se dá em função do uso indevido do solo, ocupação desordenada e ausência de técnicas construtivas de engenharia (Guitarrara, 2022). Essas alterações que ocorrem no solo podem ocasionar diversos riscos de características naturais ou tecnológicas, de acordo com a listagem de Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), os riscos naturais podem ser: geológico, hidrológico, meteorológico, climatológico e biológicos.

Visando gerenciar e monitorar os riscos que possam ocorrer no município de Belo Horizonte, a Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil (SUPDEC) tem por finalidade gerir a implementação das políticas de Defesa Civil do município de forma integrada e intersetorial (Lana Filho, 2022). Quando do período de respostas a

desastres, a Defesa Civil conta com uma equipe para realizar vistorias cautelares e preventivas, realizar mitigação de danos, monitorar as condições meteorológicas e prestar assessoria ao prefeito municipal em caso de estado de calamidade ou emergência.

As ocorrências que chegam à Defesa Civil são direcionadas aos Agentes de Proteção e Defesa Civil para uma posterior avaliação in loco. Tal registro é mantido em um banco de dados gerenciado pela SUPDEC, onde é possível ter embasamento que auxilia em análise e tomada de decisões no que diz respeito à gestão de risco.

O presente trabalho tem como objetivo a análise do banco de dados disponibilizado pela Defesa Civil de Belo Horizonte, referente às ocorrências geológicas atendidas entre os anos de 2009 e 2023, utilizando um Sistema de Informação Geográfica (SIG), visando identificar os fatores que contribuem para esses riscos no município.

Quanto aos objetivos específicos, pretende-se:

Consolidar os dados recebidos pela Defesa Civil, utilizando como referência a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), visando promover um melhor entendimento e padronização das informações disponíveis.

Classificar e correlacionar as ocorrências de risco geológico com as divisões regionais existentes no município de Belo Horizonte, a fim de identificar padrões e peculiaridades em diferentes áreas.

Utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG), examinar detalhadamente as áreas mais afetadas no município e investigar os fatores naturais e antrópicos relacionados a essas ocorrências, proporcionando uma compreensão mais profunda dos processos envolvidos.

Por fim, apresentar a análise realizada como uma ferramenta valiosa para auxiliar na tomada de decisões pela gestão municipal, contribuindo assim para uma abordagem mais informada e proativa em relação aos riscos geológicos em Belo Horizonte.

Este estudo se justifica pela necessidade em compreender os riscos geológicos enfrentados por Belo Horizonte, evidenciados por ocorrências como deslizamentos, movimento de massa e erosões. A análise dos dados da Defesa Civil entre 2009 e 2023 é importante para identificar os fatores que contribuem para esses eventos.

A utilização do Sistema de Informação Geográfica amplia a capacidade de análise, permitindo uma visualização detalhada das áreas mais vulneráveis e das intervenções realizadas. Dessa forma, este estudo procura suprir a demanda por um entendimento mais aprofundado dos riscos geológicos, fornecendo suporte para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de planejamento urbano que promovam a resiliência da cidade diante desses desafios.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RISCOS GEOLÓGICOS E SUAS CLASSIFICAÇÕES

Segundo Almeida (2012 apud Freire; Lima; Silva, 2018), desastres são definidos pela ocorrência de um episódio centralizado em um determinado lugar ou espaço que prejudica um grupo de pessoas por meio de um impacto severo, muitas vezes irreversível, que resulta em perdas materiais e humanas. Quando há a possibilidade de desastre, tem-se o risco.

Nesse sentido, é importante esclarecer que o conceito de risco é percebido pelos seres humanos como a probabilidade clara de ocorrer algum evento que resulte em perdas materiais, humanas e até mesmo impactos nos aspectos econômicos e ambientais. Essa perspectiva ressalta a necessidade de políticas públicas mais proativas e eficazes para lidar com essas questões (Almeida, 2012 apud Freire; Lima; Silva, 2018).

A interferência humana desempenha um papel significativo na dinâmica geológica, como ressalta Freire (2018), ao destacar o intenso e acelerado uso e ocupação do solo, especialmente na expansão urbana das grandes cidades. Embora essas intervenções antrópicas ocorram em locais específicos, elas exercem uma influência considerável nos episódios geológicos, contribuindo para a configuração geral da paisagem (Freire, 2018). É nesse contexto que se torna necessário e importante o papel dos bancos de dados globais, como o The International Disaster Database (EM-DAT), que desde 1900 registra eventos de desastres, auxiliando não apenas na identificação das áreas mais afetadas, mas também na gestão e resposta a esses acontecimentos (Felix et al., 2016). Esses sistemas de registro são

ferramentas essenciais para os tomadores de decisão, permitindo uma compreensão mais abrangente dos riscos e vulnerabilidades associados aos desastres e auxiliando na gestão e resposta a esses acontecimentos.

A Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), por sua vez, surge como uma importante ferramenta de classificação, criada com base nos padrões do EM-DAT e substituindo a Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos (CODAR). Instituída pela Instrução Normativa n.º 1, de 24 de agosto de 2012, a COBRADE visa atender aos modelos estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) e contribuir para o banco de dados internacional, proporcionando uma compreensão mais ampla dos riscos e vulnerabilidades associados aos desastres e permitindo a implementação de medidas preventivas e de mitigação mais eficazes (Brasil, 2012b). Com base na classificação da COBRADE (Anexo A), os subgrupos abordados no presente trabalho, serão movimento de massa e erosão e dentro desses subgrupos, as tipologias de cada.

2.1.1 Movimento de massa

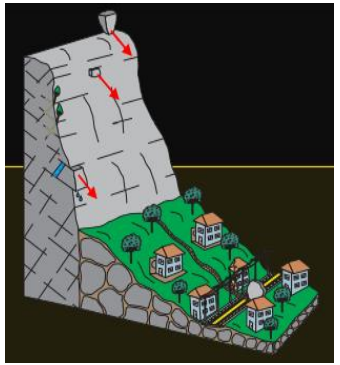

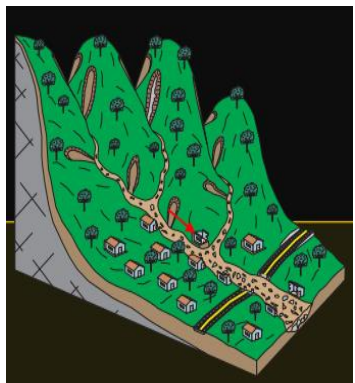
Conceitualmente, Tominaga (2009) define movimento de massa como o deslocamento de rocha, solo ou vegetação, influenciado pela gravidade e outros fatores, como água ou gelo, que afetam a estabilidade dos materiais em encostas. Esses eventos são comuns em áreas montanhosas ou serranas.

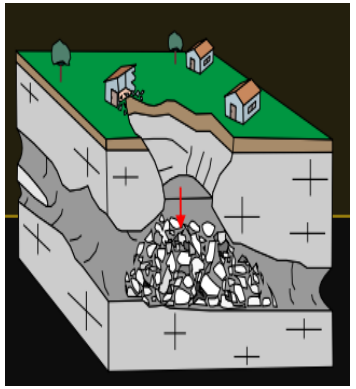
Os movimentos de massa estão intimamente ligados a fatores geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, vegetação e atividades humanas de uso e ocupação do solo. Aspectos geológicos e geomorfológicos são indicadores importantes para identificar áreas propensas a esse tipo de dinâmica de superfície (Tominaga, 1997 apud CEPED/UFSC, 2013).

Além disso, Tominaga (2007) destaca que os movimentos de massa são processos naturais na evolução do relevo, mas quando ocorrem em áreas habitadas, podem resultar em desastres com impactos econômicos e sociais significativos.

De acordo com a COBRADE, dentro do subgrupo Movimento de Massa, temos quatro tipologias: Quedas, tombamentos e rolamentos; Deslizamentos; Corridas de massa e Subsidiências e colapsos, descritos no Quadro 1.

Quadro 1 - Descrição das tipologias

ORD.	TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO	IMAGEM
1.	Quedas, tombamentos e rolamentos	Movimentos rápidos que ocorrem quando diferentes materiais rochosos, de volumes variáveis, se desprendem de encostas muito íngremes em um movimento de queda livre. Os tombamentos de blocos são caracterizados pelo deslocamento rotacional de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo de seu centro de gravidade. Já os rolamentos de blocos referem-se ao deslocamento de blocos rochosos ao longo das encostas, geralmente devido à perda de suporte (descaçamento).	 <p>Fonte: Facuri (2020).</p>
2.	Deslizamentos	Movimentos rápidos de solo ou rocha caracterizados por uma superfície de ruptura bem definida e uma duração relativamente curta. Eles envolvem massas de terreno geralmente bem definidas em termos de volume, com o centro de gravidade deslocando-se para baixo e para fora do talude. Geralmente, os primeiros sinais desses movimentos são a presença de fissuras.	 <p>Fonte: Facuri (2020).</p>
3.	Corridas de massa	Ocorrem em decorrência de índices pluviométricos excepcionais, nos quais o solo, lama, rocha e detritos misturados com água adquirem um comportamento semelhante ao de um líquido viscoso. Essa mistura apresenta um extenso raio de ação e um alto poder destrutivo.	 <p>Fonte: Facuri, (2020).</p>

ORD.	TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO	IMAGEM
4.	Subsidências e colapsos	Fenômeno caracterizado pelo afundamento rápido ou gradual do terreno, causado pelo colapso de cavidades, pela redução da porosidade do solo ou pela deformação do material argiloso.	 <p data-bbox="1066 763 1331 797">Fonte: Facuri, (2020).</p>

Fonte: Brasil (2020b).

2.1.2 Erosão

Entende-se por erosão a desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos, como plantas e animais (Santoro, Amaral e Moni, 2015). Algumas tipologias de riscos geológicos são importantes para o entendimento da pesquisa, sendo elas erosão de margem fluvial e erosão continental.

O processo erosivo de margem fluvial ou erosão marginal, como destacam et Casado et al. (2002, p.232) “é aquela que destrói as margens dos rios, desempenhando importante papel no aumento da largura do canal”. Esse processo acontece por conta da retirada de materiais das barranceiras em função da ação do rio ou até mesmo precipitação da chuva (Fernandez, 1990 apud Casado et al., 2002). Em comparação a outros processos geomorfológicos, a progressão da erosão de margem é vertiginosa (Hooke, 1997 apud Casado et al., 2002).

Como exemplo de processos erosivos fluviais mais conhecidos, tem-se o Grand Canyon, conforme apresenta a Figura 1. O Grand Canyon surgiu por conta da enorme fissura ocasionada pelo processo erosivo do Rio Colorado que foi esculpido há cerca de 2 bilhões de anos (Santiago, 2010).

Figura 1 - Processo erosivo fluvial no Grand Canyon



Fonte: Alves (2019).

No Brasil, existe o exemplo de um processo erosivo fluvial que ocorre no estado do Amazonas, conhecido popularmente como a região das "terras caídas", termo utilizado para descrever, de maneira geral, um acontecimento de processo complexo e com várias causas, gerando erosão as margens do rio Amazonas e afluentes de água branca (Carvalho et al., 2018).

Em relação à erosão continental, pode-se dizer que é um tipo de processo erosivo que ocorre em regiões não litorâneas, devido ao solo exposto sem cobertura vegetal, somado à ação da chuva, que ocasiona o carreamento de material e a erosão (Santoro, Amaral e Moni, 2015).

Pode-se afirmar também que o sistema erosivo originado pela ação da água ocorre na maioria das regiões, especialmente em áreas de clima tropical, pois tal clima é propenso a altos registros pluviométricos, geralmente na região Sudeste do país (Santoro, Amaral e Moni, 2015). Em tal situação, podemos descrever a erosão pluvial, onde dependendo do processo de infiltração do solo, retirada da cobertura vegetal e a contribuição de águas superficiais, acontece outros processos erosivos conhecidos como sulcos: pequenas fissuras no solo que quando evolui, geram as ravinas.

Contudo, ainda sim em contribuição com as águas do lençol freático acontece as boçorocas (Tominaga, 2009).

Uma vez que o processo erosivo se dá de forma espontânea e natural, há um equilíbrio ao meio. Contudo, quando há ação do homem, ou seja, erosão antrópica, gera um desequilíbrio acelerando o processo erosivo (Santoro, Amaral e Moni, 2015).

Em áreas urbanas, pode-se afirmar que esse processo é cada vez mais acelerado em função do crescimento populacional. Para criação de novas moradias é necessário o desmatamento e terraplenagem, o que implica na exposição do solo através da retirada da sua proteção, que é a cobertura vegetal (Santoro, Amaral e Moni, 2009).

Segundo Tominaga, Santoro e Amaral (2009), há quatro situações que ocasionam o aceleramento da erosão e são conhecidas como “condicionantes antrópicos”:

Desmatamento (pode aumentar a exposição do solo à erosão, reduzir a capacidade de retenção de água e aumentar o risco de deslizamentos de terra e inundações);

Movimento de terra (envolve a alteração da topografia natural do terreno, seja por escavação, aterramento ou outras atividades que modifiquem sua configuração, podendo enfraquecer a estabilidade do solo, aumentando o risco de deslizamentos de terra, deslizamentos de encostas e colapsos de terreno);

Concentração do escoamento superficial das águas (manipulação do fluxo de água superficial devido a atividades humanas, como urbanização, construção de estradas, impermeabilização do solo, entre outras, podendo resultar na formação de enxurradas mais intensas e rápidas, aumentando o risco de inundações e erosão);

Uso inadequado dos solos agrícolas e urbanos (uso excessivo de agrotóxicos, o desgaste do solo e o cultivo em encostas íngremes, que podem levar à degradação do solo e ao aumento do risco de erosão e no contexto urbano, refere-se à ocupação desordenada, construção em áreas de risco, falta de infraestrutura adequada de drenagem e gestão inadequada de resíduos, que podem contribuir para inundações, deslizamentos de terra e outros desastres).

2.2 POLÍTICA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL

A Lei Federal nº. 12.608, de 10 de abril de 2012, que dispõe sobre a gestão de riscos e desastres, estabelecendo a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, institui, aborda e dá diretrizes sobre a estrutura da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC) e o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), além de dissertar de conceitos importantes correlatos a área de abordagem de Defesa Civil (Brasil, 2012).

Em dezembro de 2023, foi instituída a Lei Federal n.º 14.750, de 12 de dezembro de 2023, que altera as Leis n.º 12.608, de 10 de abril de 2012 e 12.340, de 1º de dezembro de 2010, para aprimorar os instrumentos de prevenção de acidentes ou desastres e de recuperação de áreas por eles atingidas, as ações de monitoramento de riscos de acidentes ou desastres e a produção de alertas antecipados (Brasil, 2023).

2.2.1 Definições relacionadas ao tema Proteção e Defesa Civil

A Lei Federal n.º 14.750, de 12 de dezembro de 2023, aborda conceitos que são importantes dentro da Defesa Civil e para entendimento deste trabalho. (Brasil, 2023). Tais conceitos, serão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Conceitos em Proteção e Defesa Civil

TERMO	CONCEITO
Acidente	Definido como um evento isolado ou uma sequência de eventos imprevistos e não planejados que resultam em consequências específicas e indesejadas, causando danos humanos, materiais ou ambientais.
Desastre	resultado de um evento adverso, seja de origem natural ou provocado pela atividade humana, que afeta ecossistemas e populações vulneráveis, causando danos humanos, materiais ou ambientais significativos, bem como prejuízos econômicos e sociais.
Proteção e Defesa Civil	Conjunto de medidas preventivas, preparatórias, de resposta e de recuperação destinadas a evitar ou reduzir os riscos de acidentes ou desastres. Seu objetivo é minimizar os impactos socioeconômicos e ambientais desses eventos, além de restaurar a normalidade social. Isso inclui a geração de conhecimento sobre acidentes ou desastres.

Fonte: Brasil (2023).

TERMO	CONCEITO
Risco de desastre	Probabilidade de ocorrer danos sociais, econômicos, materiais ou ambientais significativos como resultado de um evento adverso, seja de origem natural ou provocado pela atividade humana, que afeta ecossistemas e populações vulneráveis.
Situações de emergência	Situações anormais desencadeadas por desastres que causam danos e prejuízos, resultando no comprometimento parcial da capacidade de resposta das autoridades locais afetadas e na necessidade de recursos adicionais provenientes de outras entidades federativas para lidar com a situação.
Vulnerabilidade	Fragilidade física, social, econômica ou ambiental de uma população ou ecossistema diante de eventos adversos, sejam eles de origem natural ou provocados pela ação humana.

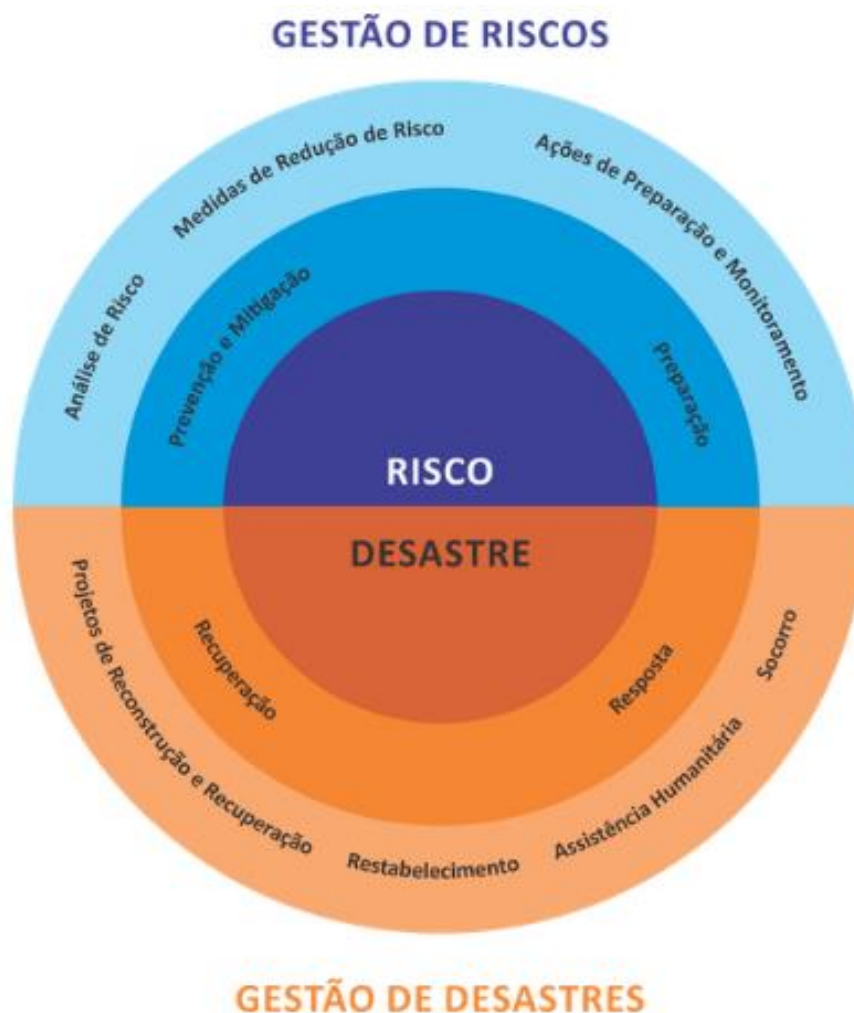
Fonte: Brasil (2023).

Castro (1999 apud Moraes da Silva, 2017) define desastre como o resultado de eventos indesejados, sejam naturais ou provocados pelo homem, em contextos vulneráveis, causando perturbações graves no funcionamento de comunidades ou sociedades, abrangendo problemas humanos, físicos, econômicos ou ambientais, que ultrapassam a capacidade de resposta utilizando métodos apropriados.

Assim, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) engloba ações de gestão integrada em Proteção e Defesa Civil por meio da prevenção, preparação, resposta e recuperação, direcionadas à proteção e defesa civil através de uma atuação coordenada entre a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios, conforme apresentado na Figura 2. Além de contribuir para a mitigação de desastres e o apoio às comunidades afetadas, visa também reduzir os riscos de desastres, incluindo o apoio às pessoas atingidas por desastres naturais e outras atividades relacionadas à prevenção de riscos (Brasil, 2012).

Portanto, cada um deles tem responsabilidades específicas e é considerado parte de atividades de gestão sistemática e ininterrupto. Tais ações formam um processo contínuo, integrado, de longo prazo e interdependente, formando um mecanismo integrado de gestão da Proteção e Defesa Civil (SEDEC, 2017).

Figura 2 - Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil



Fonte: Brasil (2021).

A fase de prevenção é onde ocorre a estruturação de ações voltadas para investimentos visando a redução de desastres. Na fase de mitigação, é onde parâmetros e atividades são executadas visando ocorrências de desastres (Brasil, 2012). Na fase de preparação ocorrem atos para o reestabelecimento de agências do SINPDEC, comunidades e setor privado, por meio de treinamento, monitoramento e implantação de sistemas de alerta e infraestrutura necessários para garantir uma resposta adequada a acidentes ou desastres e minimizar danos e perdas. Na fase de resposta ocorre o socorro aos atingidos por desastre. Nesta fase, é necessário que as pessoas tenham toda a ajuda possível em relação a alimentos, primeiros socorros e assistência à moradia. Na fase de recuperação é o momento de reparar o meio atingido por desastre, bem como recompor a área destruída, reestabelecimento de

serviços básicos de infraestrutura, dentre diversas ações estabelecidas por meio dos órgãos do SINPDEC (Brasil, 2012).

Segundo Brasil (2012), cabe aos municípios executar a PNPDEC e coordenar ações do SINPDEC, o qual tem por objetivo auxiliar no modo organizacional, articulação, gerenciamento e aplicação de programas e propostas de proteção e defesa civil. Além de integrar ações de proteção e defesa civil junto ao plano municipal, mapear e identificar áreas de riscos bem como fiscalizar tais áreas impedindo ocupações dentre outras atribuições no que tange a gestão de risco.

A Lei 12.608 de 10 de abril de 2012, também aborda sobre o CONPDEC, um colegiado que fornece suporte no âmbito normativo ao prestar assessoria, fazer recomendações e acompanhar a elaboração de normas que serão determinadas. É formado por órgãos e grupos da administração pública federal e municipal, que lidam significativamente na área de Proteção e Defesa Civil (Brasil, 2012).

A União, estados e municípios desempenham um papel significativo no monitoramento de desastres. Ela colabora com os municípios e estados na vigilância regional, além de promover pesquisas e cursos relacionados à defesa civil. Além disso, é responsável por estabelecer a criação do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDC) a ser implementado pelos estados. Esse plano tem como objetivo orientar a ação governamental em matéria de Proteção e Defesa Civil em âmbito nacional e regional, especialmente no que se refere à monitorização meteorológica, hidrológica e geológica, bem como aos riscos biológicos, nucleares e químicos, além de fornecer alertas precoces em áreas vulneráveis a desastres (Brasil, 2012).

2.2.2 Gestão de risco e desastres

Santa Catarina (2024), conceitua “risco”, como: “relação existente entre a probabilidade de uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize, com o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos”. Mediante a isso, é importante prever o risco visando a preparação para eventos

futuros por meio da gestão do risco de desastres. Para tal, é apontado e classificado riscos presentes. Após esse filtro, é possível trabalhar de modo a reduzir a possibilidade e a potência e no que diz respeito a suscetibilidade da ameaça.

Pascoal Junior e Silva, (2018) afirmam que dentro da gestão de risco o foco não é somente em cálculos de probabilidade e dimensionamento de perdas, mas sim entender a ligação entre ameaça x vulnerabilidade para atuação junto as políticas em cada frente de atuação.

Episódios de desastres no Brasil estão relacionados à precariedade de moradia em cidades, onde em menos de um século houve um aumento significativo da população e uma inversão dos padrões territoriais, com a maioria dos que viviam no campo passando a viver em áreas urbanas (SEDEC, 2017). Diante disso, torna-se necessário a gestão de riscos e desastres em territórios de todo o Brasil, com base na prevenção, preparação, resposta e recuperação.

Segundo Lana Filho (2022), no município de Belo Horizonte, a gestão de riscos e de desastres é realizada pela Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil (SUPDEC), onde quando da fase de resposta a desastres, agentes de Proteção e Defesa Civil atuam para executar programas de enfrentamento a desastres.

2.3 FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

A utilização de novas ferramentas de geoprocessamento fortalece o papel da ciência, oferecendo ao pesquisador diversas maneiras de conduzir estudos e pesquisas que visam resolver problemas socioambientais. De acordo com Rosa (2011), o avanço das tecnologias da informação e suas aplicações podem contribuir para a execução de trabalhos e elaboração de projetos que incorporam uma abordagem espacial. Com o desenvolvimento tecnológico e o progresso da informática, surgiram novas oportunidades para análises estratégicas que auxiliam na tomada de decisões. A capacidade de visualizar os resultados dessas análises, especialmente em formato de mapas, facilita a compreensão pelo analista, tornando-a mais clara e acessível. Esse tipo de tecnologia é conhecido como Sistema de Informações Geográficas (Guitarrara, 2023).

Além disso, o geoprocessamento permite a integração de diferentes tipos de dados georreferenciados, como imagens de satélite, mapas temáticos e dados socioeconômicos, proporcionando uma análise mais completa e detalhada de determinada área. Isso possibilita a identificação de padrões espaciais, a detecção de mudanças ao longo do tempo e a simulação de cenários futuros, auxiliando na formulação de políticas públicas e no planejamento urbano e ambiental (Conceição e Costa, 2013).

Segundo Faria (2021), o Geoprocessamento é um tratamento de informações geográficas ou de dados georreferenciados, por meio de softwares específicos e cálculos. Algumas das ferramentas de geoprocessamento mais usuais são o Global Position System (GPS), utilizado para captura de dados georreferenciados; o banco de dados Oracle, utilizado para arquivar informações; o SPRING, ferramenta essa que permite o uso integrado além de realizar processamento de imagens, pesquisa espacial, modelagem numérica de terreno e conferência a banco de dados espaciais; e o software QGIS, usado para visualização, manipulação e análise de dados georreferenciados.

O uso das ferramentas de geoprocessamento desempenha um papel de grande importância na gestão do risco e desastres, proporcionando uma abordagem mais precisa e eficaz para lidar com eventos adversos.

Segundo Oliveira e Pereira (2021), os dados obtidos no SIG auxiliam no subsídio de informações relacionadas a divergências territoriais e determinam prováveis complicações, além de estruturar respostas que visam a diminuição de riscos a vidas humanas, catástrofes e até mesmas questões futuras relacionados a ocupações irregulares.

Oliveira (2011 apud Oliveira e Pereira, 2021) afirma que a aplicação do geoprocessamento em mãos do poder público é um material de estudo fundamental e exata das áreas que requerem necessidade de intervenções, prevenções e medidas de urgências.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa foi conduzida considerando uma metodologia com elementos qualitativos e quantitativos. Neves (1996) descreve que a abordagem qualitativa se assemelha a métodos de interpretação dos fenômenos que fazem parte do cotidiano, utilizando dados que explicam origens, relações e mudanças. Essa metodologia de pesquisa tem como fonte o ambiente natural e tem o pesquisador como seu principal instrumento. Gil (1999 *apud Oliveira*, 2011) argumenta que essa abordagem possibilita uma investigação mais profunda, destacando a importância do contato direto com a situação estudada.

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), enquanto a pesquisa qualitativa se concentra em aspectos da realidade que não podem ser quantificados, buscando compreender e explicar a dinâmica das relações sociais, a pesquisa quantitativa tende a privilegiar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana, utilizando a linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno. Embora os métodos tenham formas e ênfases diferentes, não se opõem entre si. Pelo contrário, eles se complementam e contribuem para um melhor entendimento do fenômeno estudado (Neves, 1996).

Definindo o delineamento da pesquisa em relação aos seus objetivos, este estudo se caracteriza como exploratório e descritivo. A combinação dessas abordagens facilita a obtenção de uma compreensão inicial do problema em questão e a descrição detalhada das características e fenômenos de uma determinada realidade, como afirmam Marconi e Lakatos (2003). A pesquisa exploratória envolve uma investigação mais aprofundada do assunto, contribuindo para esclarecer algumas questões e preparar o terreno para pesquisas futuras, conforme apontado por Raupp e Beuren (2004). Por sua vez, a pesquisa descritiva concentra-se em identificar, relatar, comparar e analisar os fatos, visando a compreensão e interpretação dos mesmos.

Todo trabalho científico tem seu início com uma pesquisa bibliográfica, que envolve a consulta a livros e artigos científicos. Esse processo permite familiarizar-se com os estudos já conduzidos na área, abrangendo todo o referencial teórico previamente disponibilizado sobre o tema em questão. A pesquisa documental, por

sua vez, se distingue da bibliográfica pela natureza das fontes utilizadas. Conforme Lakatos e Marconi (2001 *apud* Oliveira, 2011), a coleta de dados ocorre em fontes primárias, como documentos escritos ou não, provenientes de arquivos públicos ou privados, bem como fontes estatísticas. Esse método também está presente neste estudo, uma vez que é viável recorrer a fontes como relatórios, documentos internos e tabelas estatísticas para enriquecer a análise (Raupp e Beuren, 2004).

Esta pesquisa empregará métodos do estudo de caso, que envolvem a análise aprofundada e bem definida com o objetivo de compreender detalhadamente uma situação específica, identificando as suas características essenciais (Gil, 2017).

3.1 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DO ESTUDO

Com o propósito de atingir os objetivos deste estudo, foram executadas nove etapas, cada uma delas com seus próprios objetivos específicos.

- Primeira etapa: inicialmente, foram investigadas referências bibliográficas relacionadas aos conceitos de Riscos Geológicos, Defesa Civil e ferramentas de geoprocessamento.

- Segunda etapa: por meio de solicitação via e-mail, obteve-se a autorização para o compartilhamento de dados da Defesa Civil de Belo Horizonte referentes às ocorrências registradas entre os anos de 2009 e 2023. Os dados foram disponibilizados em formato shapefile e posteriormente exportados para Excel para análise e tratamento.

- Terceira etapa: as informações recebidas foram analisadas e direcionadas para os riscos geológicos, passando por manipulação e adequação com base na COBRADE, visando à padronização. Além disso, as informações foram associadas às regionais de Belo Horizonte nos respectivos registros e foram gerados gráficos para complementar o trabalho.

- Quarta etapa: os dados recebidos em formato shapefile da base de dados da Defesa Civil foram tratados e unificados na camada de riscos geológicos, contendo as seguintes classes: "Área de Risco Associado a Escavações", "Área de Risco de Erosão e Assoreamento" e "Área de Risco de Escorregamento" para comparar a totalidade de ocorrências dentro e fora da área de risco.

- Quinta etapa: foram elaborados mapas temáticos para subsidiar a caracterização da área de estudo, utilizando o banco de dados da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL), conhecido como BHMAPS. Foram utilizadas camadas vetoriais junto à ferramenta de SIG, o software QGIS, incluindo dados como "limite de município", "região administrativa" e "limite de Minas Gerais". Outro banco de dados utilizado foi o de Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE-SISEMA).

- Sexta etapa: o software QGIS desempenhou um papel fundamental na análise, permitindo a realização de filtros e consultas aos dados inseridos. Por meio da ferramenta de consulta, foram identificadas as regionais com o maior número de registros de ocorrências entre 2009 e 2023, além de examinar as mais afetadas.

- Sétima etapa: após importar os dados para o software QGIS no formato shapefile, foram aplicados dois tipos de filtros. O primeiro visava selecionar os dados conforme especificado no quadro 3 da seção "Natureza_v", enquanto o segundo filtrava as tipologias listadas no item "Indicio_co". Com os dados filtrados, foi possível avançar na criação de mais dois filtros: um para as ocorrências entre 2009 e 2023 e outro exclusivamente para o ano de 2020, a partir do qual foram identificadas as três regiões com mais registros de ocorrências.

- Oitava etapa: foram realizados o exame dos dados das regionais com mais registros de ocorrências e a análise das áreas mais afetadas por risco geológico. Isso foi feito por meio de sobreposições de camadas da base de dados da PRODABEL, como "Área de Risco Associado a Escavações", "Área de Risco de Erosão e Assoreamento" e "Área de Risco de Escorregamento". Após as sobreposições, foram gerados mapas temáticos para avaliar a correlação com os fatores naturais e os fatores antrópicos.

- Nona etapa: com os dados gerados no software QGIS, foram elaborados gráficos e tabelas, subsidiando a análise dos dados obtidos.

Após a conclusão das fases mencionadas, foi realizada a análise dos resultados obtidos. A utilização de múltiplos métodos possibilitou uma compreensão mais profunda e completa do fenômeno em estudo, contribuindo para uma análise robusta e fundamentada. Essa abordagem metodológica diversificada fortalece a

validade e a confiabilidade dos resultados obtidos, fornecendo uma base sólida para as conclusões e as recomendações apresentadas neste trabalho.

3.2 CARACATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

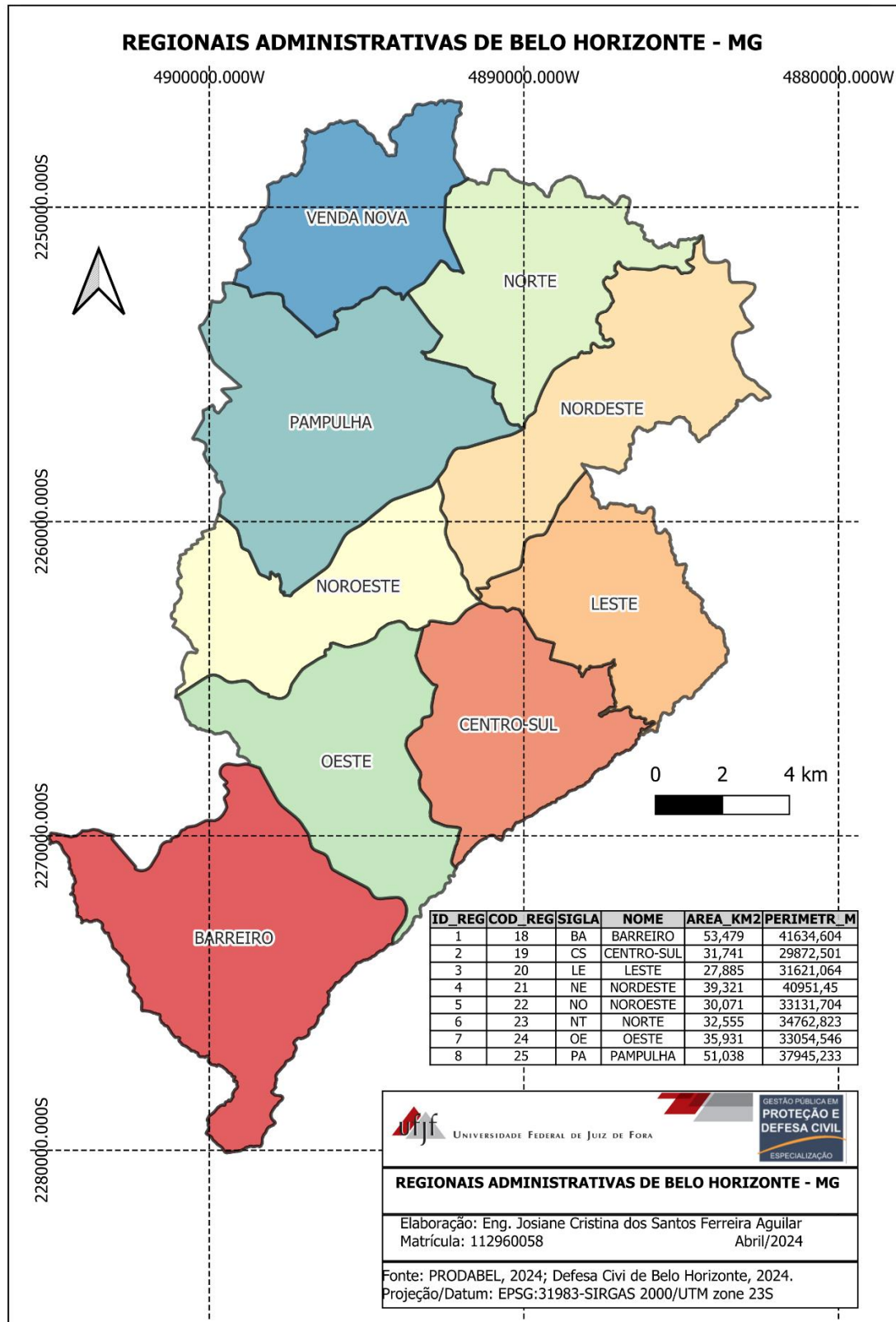
A caracterização da área inicia-se com a apresentação de sua localização, aspectos geológicos da área, relevo, clima, bioma e áreas classificadas pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte como suscetíveis a riscos associados a escorregamento, erosão/assoreamento e associados a escavações. Esses dados foram obtidos por meio de pesquisas bibliográficas.

3.2.1 Localização

Localizado na região central do estado de Minas Gerais e reconhecida como a capital do estado, o município de Belo Horizonte foi selecionado como área de estudo neste trabalho. Com uma extensão territorial de aproximadamente 331,354 km², dos quais 274,04 km² são considerados urbanizados, a população municipal é estimada em cerca de 2.315.560 pessoas, de acordo com o censo de 2022 (IBGE, 2023).

A capital mineira está dividida em nove regiões administrativas: Barreiro, com uma área de 57,57 km²; Centro-Sul, com 31,74 km²; Leste, com 27,88 km²; Nordeste, com 39,32 km²; Noroeste, com 30,07 km²; Norte, com 32,55 km²; Oeste, com 35,93 km²; Pampulha, com 51,03 km²; e Venda-Nova, com 29,17 km², conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Mapa das Regionais Administrativas

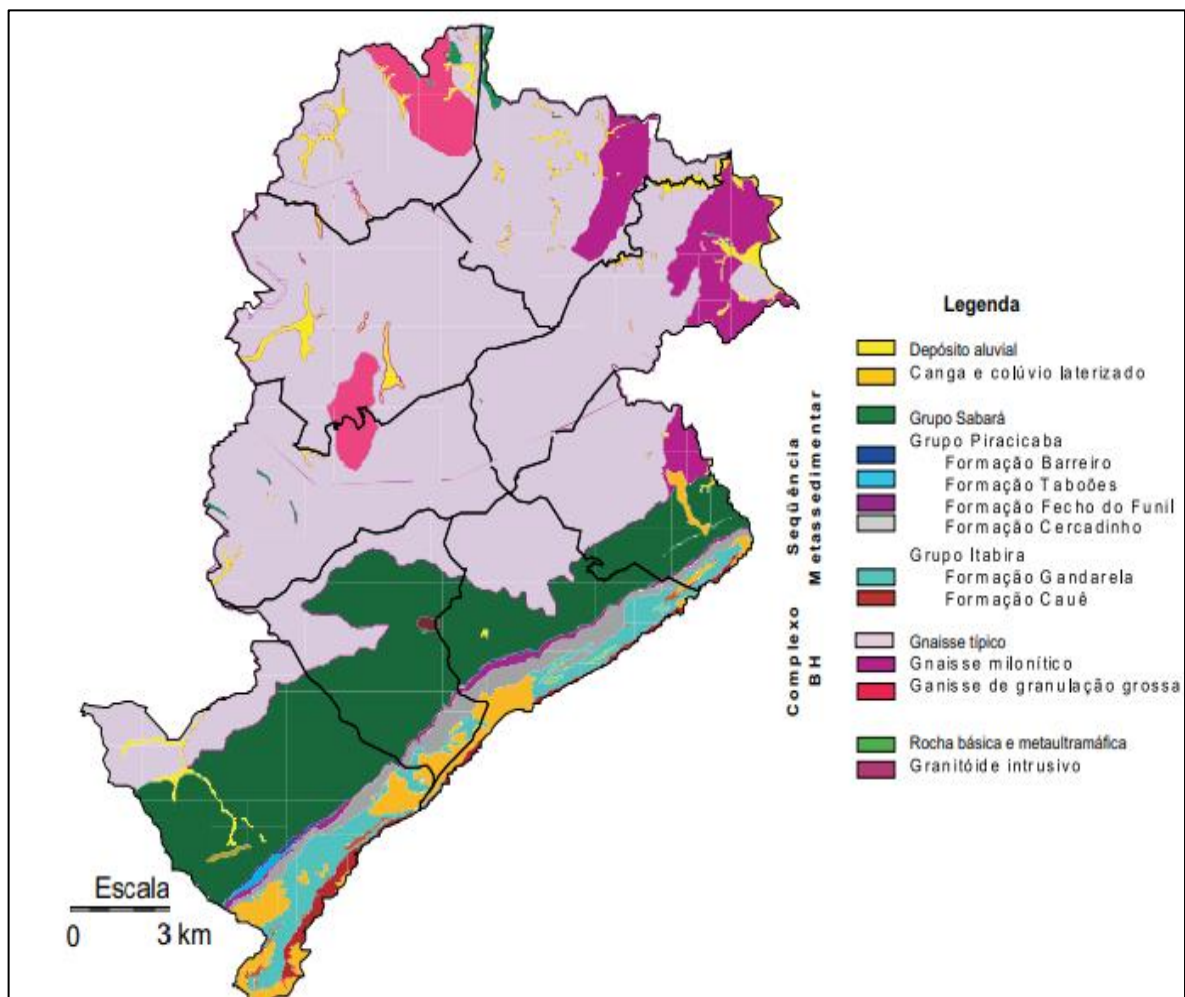


Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.2 Geologia

Na zona urbana de Belo Horizonte, as rochas do Complexo Belo Horizonte (granito gnáissico) e as rochas do Supergrupo Minas (rochas metassedimentares) predominam no município, ocupando aproximadamente 70% na área norte e 30% na área sudeste, respectivamente, conforme pode ser observado na Figura 4, além de outras formações rochosas intrusivas e de diversas origens naturais (Urbel, 2011). Conforme Silva (1995 apud Urbel, 2011) observou, as rochas pertencentes ao Complexo Belo Horizonte são consideradas vulneráveis ao escoamento torrencial concentrado, especialmente em áreas escavadas e desprotegidas, aumentando a propensão ao ravinamento e à formação de voçorocas quando ocorre drenagem subsuperficial. Esse processo de erosão interna é particularmente significativo.

Figura 4 - Mapa geológico de Belo Horizonte



Fonte: URBEL (2011).

3.2.3 Relevo

Belo Horizonte possui um relevo caracterizado por uma mesorregião topográfica predominantemente montanhosa. A cidade está inserida na região do Quadrilátero Ferrífero, uma área conhecida por sua formação geológica marcada pela presença de importantes jazidas de minério de ferro (Azevedo et al., 2012).

O relevo de Belo Horizonte é constituído por uma série de elevações, planaltos e depressões, resultando em uma paisagem bastante diversificada. As áreas mais elevadas, localizadas nas partes norte e leste da cidade, são compostas por relevos montanhosos e planaltos, enquanto as áreas mais baixas, situadas principalmente no centro e no Sul, apresentam terrenos mais planos e suaves (Machado e Silva, 2010).

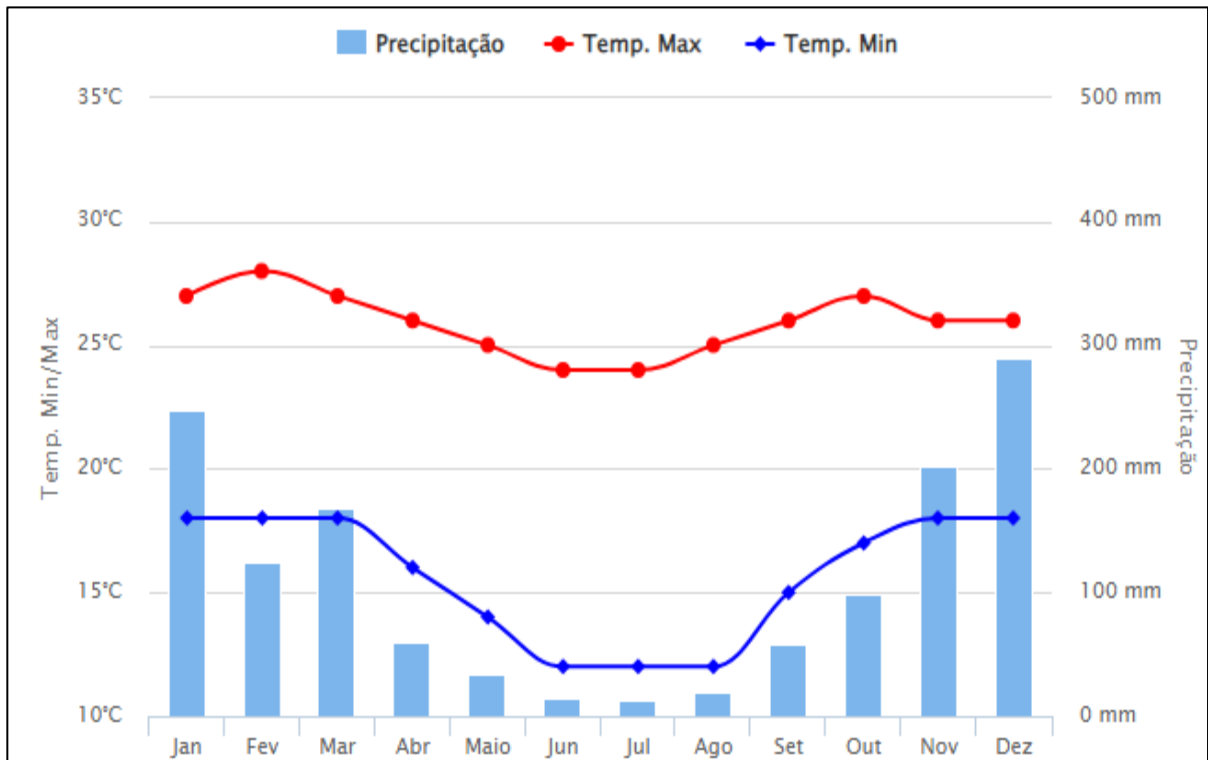
De acordo com Azevedo et al. (2012), entre os principais elementos do relevo da cidade destacam-se as serras e os morros, como a Serra do Curral, que é um dos símbolos naturais de Belo Horizonte e oferece uma vista panorâmica da cidade. Essas condições de relevo têm influência na distribuição dos recursos hídricos da cidade, além de impactar na ocupação urbana e na infraestrutura.

3.2.4 Clima

Com base em dados históricos, podemos considerar o clima de Belo Horizonte é apresentado como tropical de altitude, caracterizado por uma estação chuvosa de verão e uma estação seca de inverno, com variações de temperatura ao longo do ano e influências significativas da topografia local (Silva, 2018).

O período chuvoso tem início em outubro e se estende até dezembro de forma crescente, com oscilações entre janeiro e março, seguido por uma redução gradual de março a maio e estabilidade de junho a agosto. A Figura 5 exibe informações sobre a precipitação e a temperatura média em Belo Horizonte ao longo do ano.

Figura 5 - Comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano em Belo Horizonte

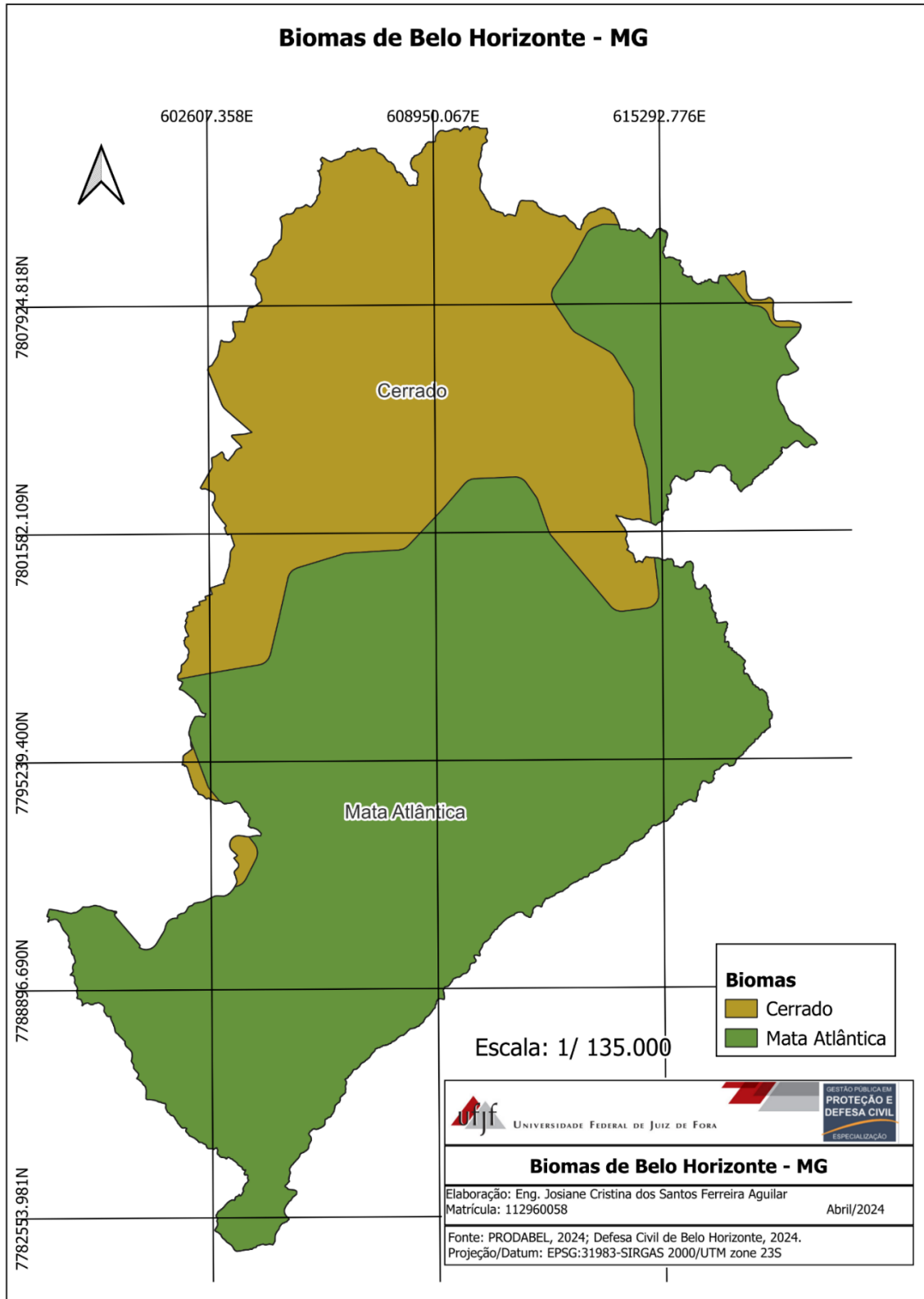


Fonte: Climatempo (2024).

3.2.5 Bioma

O estado de Minas Gerais possui três biomas: Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. O município de Belo Horizonte está inserido precisamente na região de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 - Biomas de Minas Gerais



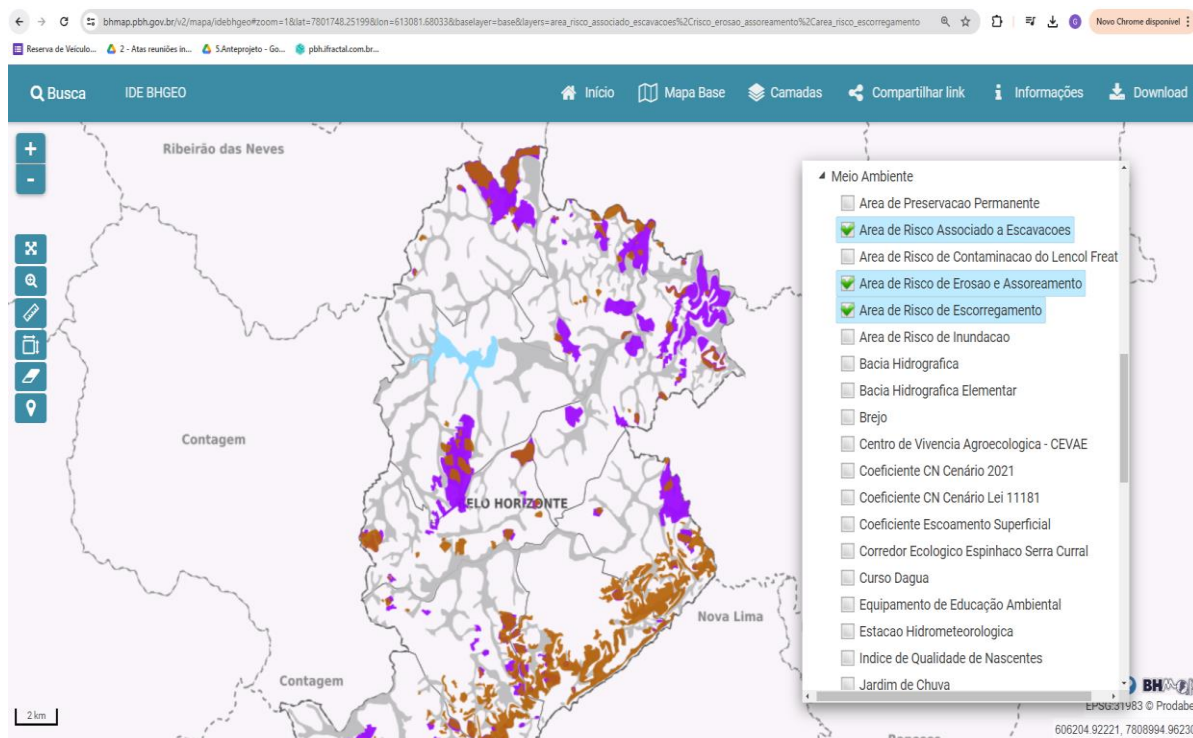
Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.6 Áreas mapeadas pela Prefeitura de Belo Horizonte como suscetíveis a riscos

A Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL) possui um banco de dados disponível para o município conhecido como “BHMAP”. A ferramenta contém um banco de dados geográficos georreferenciados com todos os mapeamentos realizados no município, abrangendo áreas ambientais, infraestrutura, edificações, uso e ocupações do solo, além do zoneamento vigente do município.

A Figura 7 apresenta as camadas vetoriais utilizadas: Área de risco associada a escavações (referente a terraplenagem), Área de risco de erosão e assoreamento (erosões em geral) e, por último, Área de risco de escorregamento (referente a qualquer tipo de movimento massa).

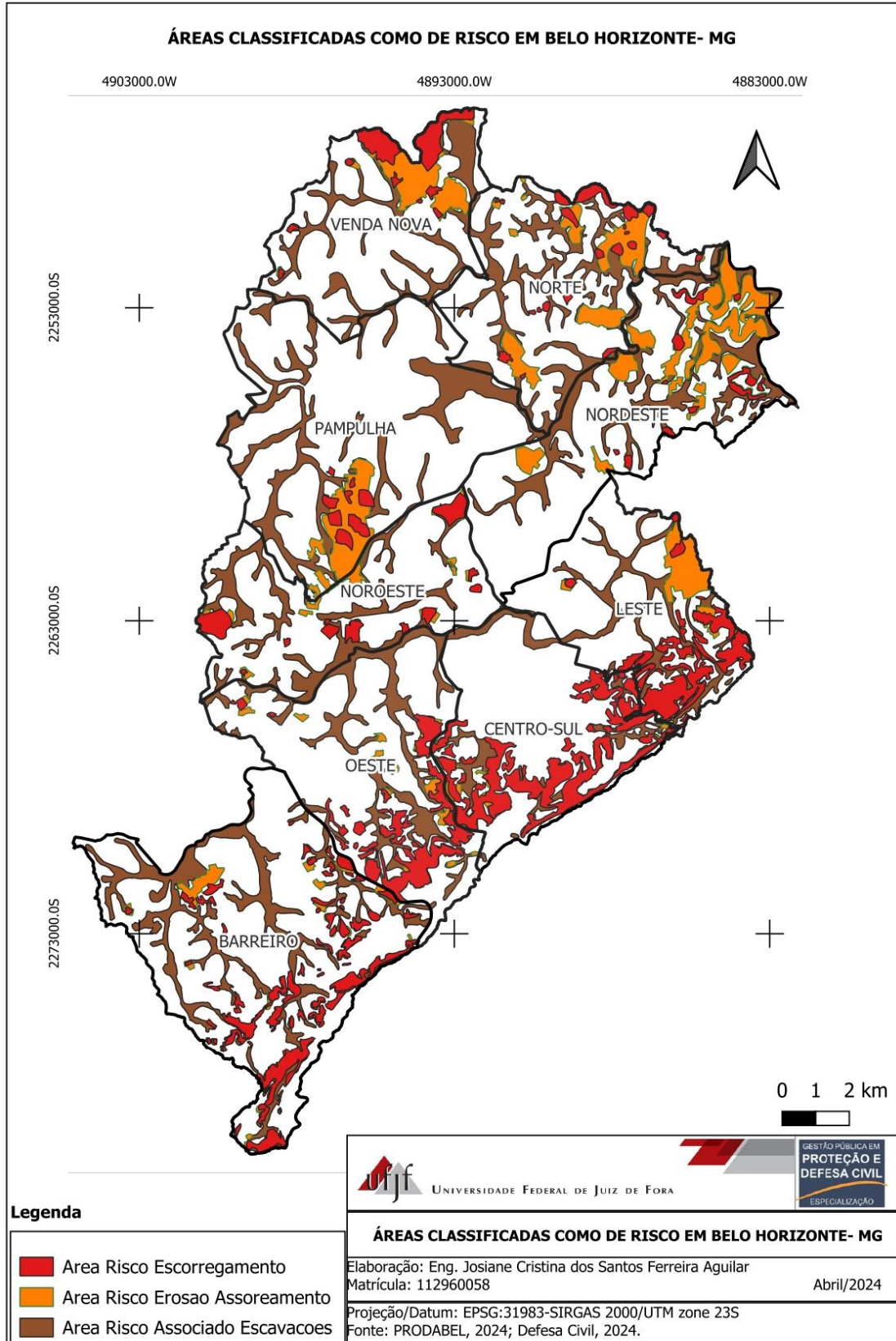
Figura 7 - Tipologias de riscos utilizadas



Fonte: PRODABEL, 2024.

Com os riscos inseridos na ferramenta QGIS, foi criado o mapa apresentado na Figura 8, no qual os dados foram sobrepostos às camadas regionais do município. Além disso, foram incluídas informações detalhadas sobre os tipos de riscos identificados em cada região, fornecendo uma visão abrangente da distribuição geográfica dos mesmos.

Figura 8 - Áreas de riscos geológicos em Belo Horizonte



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.7 Declividade

De acordo com Silva, Stefanuto e Lupinacci (2022), "a carta geomorfológica e de declividade são importantes para a análise dos processos erosivos e permitem avaliar a interação espacial entre as formas e os materiais". Para este estudo, optou-se por elaborar apenas o mapa de declividade.

O novo plano diretor, instituído Lei Municipal n.º 11.181, de 31 de agosto de 2019, estabelece diretrizes e parâmetros para o parcelamento do solo no município, identificando áreas parceláveis e não parceláveis. As áreas não parceláveis são designadas como Unidades de Preservação (UPs), incluindo áreas com declividade acima de 45° equivalente a 100%, como as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Tais áreas, já são estabelecidas no código florestal, Lei federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 em seu art. 4º, inciso V (Brasil, 2012). As áreas parceláveis compreendem aquelas com declividade abaixo de 100%, sendo que as áreas que possuem declividades entre 30% a 100% é necessário apresentar um laudo geotécnico que ateste a viabilidade para edificação. Para áreas classificadas como de riscos geológicos, áreas sujeitas a inundação, e outros riscos, também é necessário o referido laudo (Belo Horizonte, 2019).

Com base nessas diretrizes e utilizando dados da PRODABEL, foi desenvolvido o mapa de declividade, conforme mostrado na Figura 9, e a classificação resultante é apresentada no Quadro 3.

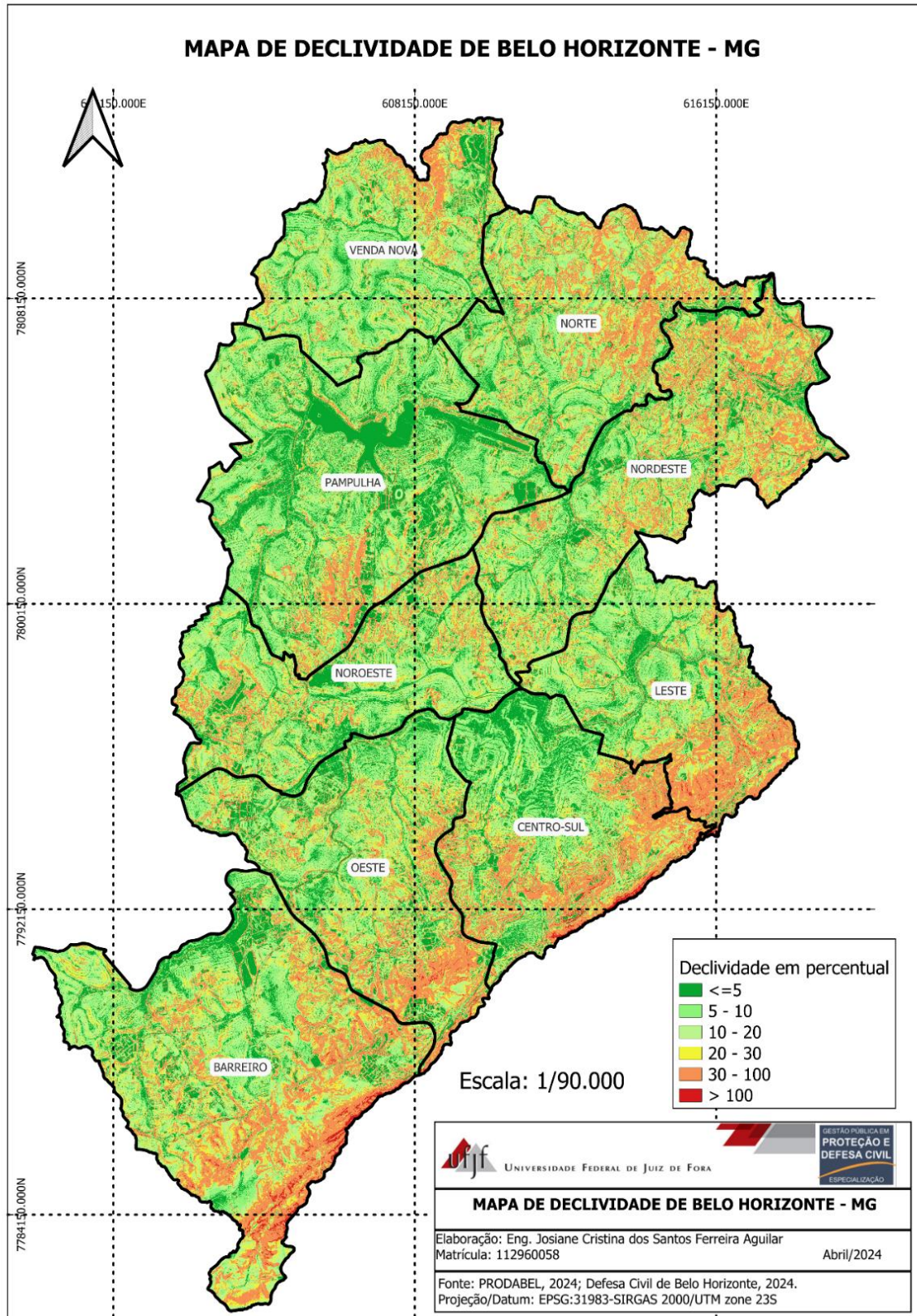
Quadro 3 - Percentual de declividade de Belo Horizonte

Declividade	Classificação
igual a 5%	Muito baixa
de 5% a 10%	Baixa
de 10% a 20%	Média
de 20% a 30%	Média a Alta
de 30% a 100%	Alta
Acima de 100%	Muito Alta

Fonte: Belo Horizonte (2019). Adaptado pela autora.

Conforme observado por Oliveira (2009), as áreas com declividade inferior a 20% assemelham-se à depressão são-franciscana, que percorre o município de norte a sul, influenciada pela erosão fluvial resultante das principais bacias do município: Ribeirão Arrudas e Ribeirão da Onça. Por outro lado, as áreas com maior declividade estão localizadas na região geomorfológica do Quadrilátero Ferrífero, onde o escoamento superficial é elevado, comprometendo a infiltração.

Figura 9 - Mapa de declividade de Belo Horizonte



Fonte: Elaborado pela autora.

3.1.8 Bacias Hidrográficas

A cidade de Belo Horizonte possui dentro do seu limite municipal quatro bacias hidrográficas, são elas: Bacia do Ribeirão do Isidoro, Bacia do Rio das Velhas, Bacia do Ribeirão Arrudas, Bacia do Ribeirão do Onça. Onde essas duas últimas possui uma maior extensão territorial (BHMAP, 2024). Com base nos dados da PRODABEL, foi criado o mapa das bacias hidrográficas e bacias elementares em Belo Horizonte conforme mostra a figura 10, e a quantidade das bacias hidrográficas elementares é apresentado no quadro 4.

Quadro 4 – Bacias Hidrográficas de Belo Horizonte

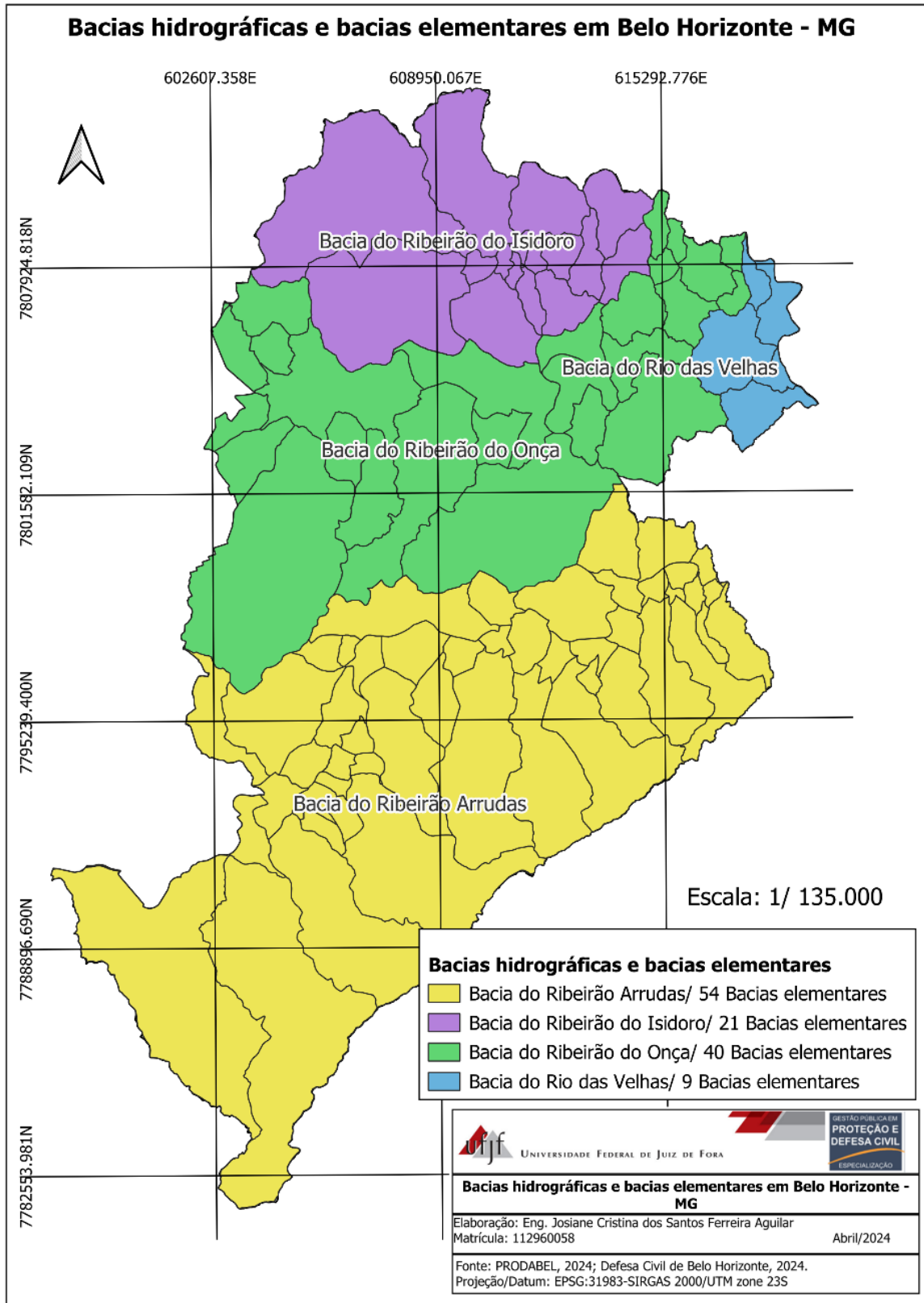
Bacia Hidrográfica	Bacia Hidrográfica Elementar
Bacia do Ribeirão Arrudas	54
Bacia do Ribeirão do Isidoro	21
Bacia do Ribeirão do Onça	40
Bacia do Rio das Velhas	9
Total	124

Fonte: BHMAP, 2024. Adaptado pela autora.

Segundo Aroeira (2020), a cidade de Belo Horizonte, possui alterações significativas em sua hidrografia em função da urbanização, exceto a encosta da Serra do Curral e algumas áreas de preservação.

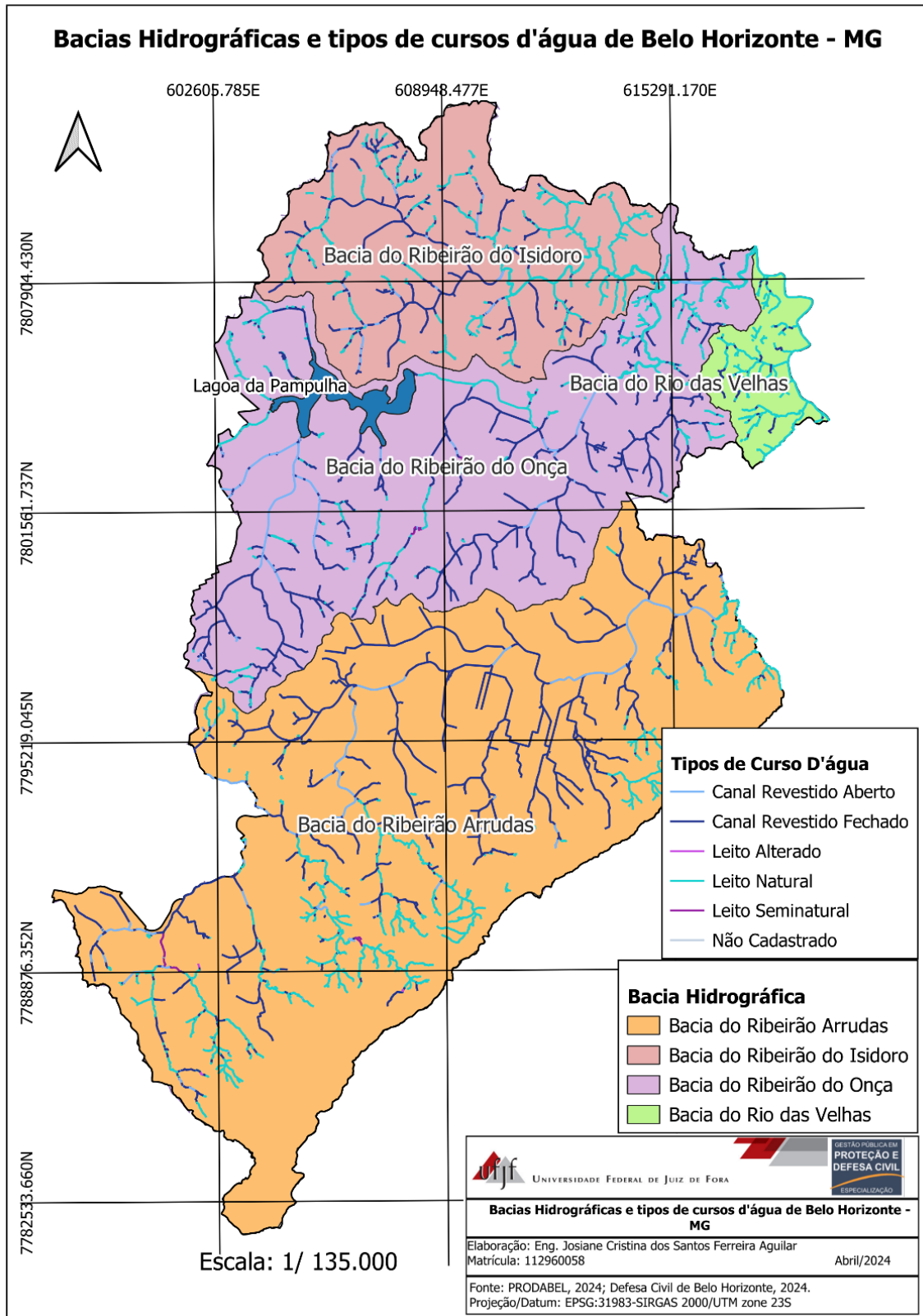
Por conta disso, a cidade possui diversos cursos d'águas que foram canalizados, tamponados, e até mesmo alterado ao longo do tempo. Para esse, também foi usado os dados da PRODABEL e criar o mapa onde apresenta o curso d'água cadastrado no município e situação de cada um conforme mostra a figura 11.

Figura 10 - Mapa de Bacias Hidrográficas de Belo Horizonte



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 11 - Bacias Hidrográficas de Belo Horizonte e tipos de cursos d'água



Fonte: Elaborado pela autora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 REGISTROS DE OCORRÊNCIAS GEOLÓGICAS

Desde 2009, o Sistema de Informações e Monitoramento em Proteção e Defesa Civil (SIMPDEC) da Defesa Civil de Belo Horizonte tem estado em operação. Trata-se de uma ferramenta digital que é continuamente atualizada por meio de registros provenientes de solicitações feitas através do telefone 199, bem como por outras demandas originadas de órgãos da Prefeitura Municipal. Este sistema substituiu o processo anterior, que envolvia registros em papel.

Um dos objetivos específicos deste trabalho foi consolidar os dados recebidos pela Defesa Civil, utilizando como referência a COBRADE, a fim de proporcionar uma melhor compreensão e padronização. Entretanto, ao analisar a planilha, constatou-se que não era viável realizar essa padronização. Isso se deve ao fato de que a planilha possui duas colunas distintas: "NATUREZA_V" e "INDICIO_CO", cada uma apresentando diferentes tipos de riscos e eventos ocorridos. Classificar esses dados sem acesso aos registros das vistorias seria subjetivo, já que não seria possível examinar os 19.396 registros individualmente, junto com suas respectivas vistorias e laudos. Diante dessa situação, o objetivo de padronização com base na COBRADE não pôde ser alcançado. Desta forma, foram mantidas e utilizadas as tipologias já adotadas pela Defesa Civil de Belo Horizonte, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 - Tipologias utilizadas pela Defesa Civil de Belo Horizonte

Natureza_v	Indicio_co
Risco de destruição ou desabamento de muro	Risco de desabamento de muro de arrimo
Risco de danificação ou destruição de habitações	Desaterro em obras de engenharia ou construções
Abatimento de piso / desastre com causa humana	Risco de desabamento de muro
Risco ou ameaça de escorregamentos e deslizamentos	Abatimento de piso
Erosão de causa natural	Risco de deslizamento de encosta
Abatimento do solo / ameaça ou risco	Desabamento de muro de arrimo
Quedas, tombamentos e/ou rolamentos de matações e/	Deslizamento de encosta
Erosão de causa humana	Desabamento parcial de muro
Tombamento ou desabamento de muro - total ou parcial	Erosão do solo
Risco de danificação de via pública	Erosão em rua

Natureza_v	Indicio_co
Risco ou ameaça de quedas, tombamentos e/ou rolamento	Abatimento no solo
	Risco de queda/tombamento/rolamento de material
	Trincas e rachaduras no muro
	Plantas comprometendo a estrutura
	Erosão por rompimento de rede de esgoto ou drenagem
	Fratuira no solo
	Terreno instável
	Risco de desabamento parcial de muro de arrimo
	Risco de deslizamento de via pública
	Fraturas em afloramentos rochosos - áreas de pedreira
	Solapamento

Fonte: SUPDEC, 2024. Adaptado pela autora.

Com base nos dados obtidos para os anos de 2009 a 2023, verifica-se que houve 19.396 registros de ocorrências geológicas, conforme mostra o Quadro 6.

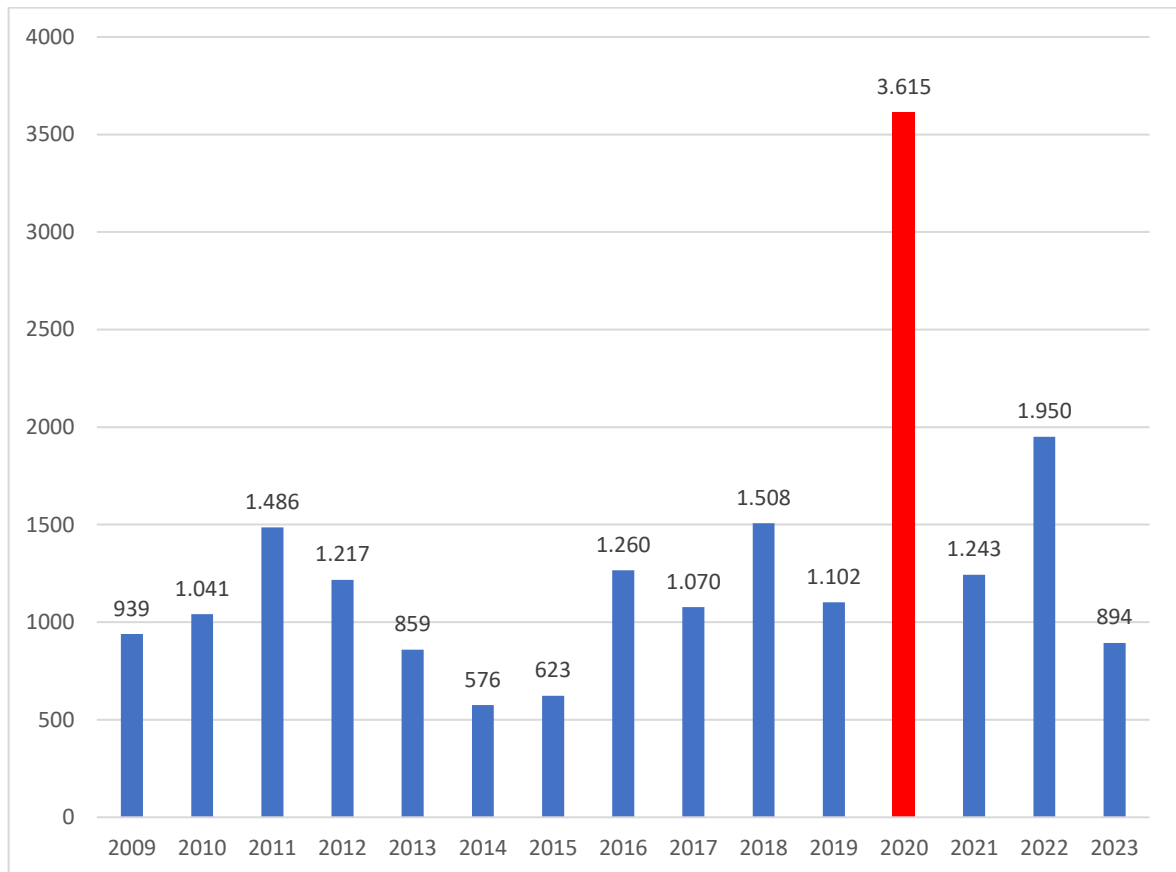
Quadro 6 - Ocorrências registradas pela Defesa Civil de 2009 a 2023

ANO DE OCORRÊNCIAS	TOTAL
2009	939
2010	1.041
2011	1.486
2012	1.217
2013	859
2014	576
2015	623
2016	1.266
2017	1.077
2018	1.508
2019	1.102
2020	3.615
2021	1.243
2022	1.950
2023	894
Total Geral	19.396

Fonte: SUPDEC, 2024. Adaptado pela autora.

Com a elaboração do quadro de quantitativos das ocorrências, foi possível gerar o Gráfico 1, apresentando os anos com maiores registros, sendo constatado que o ano de 2020 teve o maior número de incidências.

Gráfico 1 - Registros geológicos de 2009 a 2023



Fonte: SUPDEC, 2024. Adaptado pela autora.

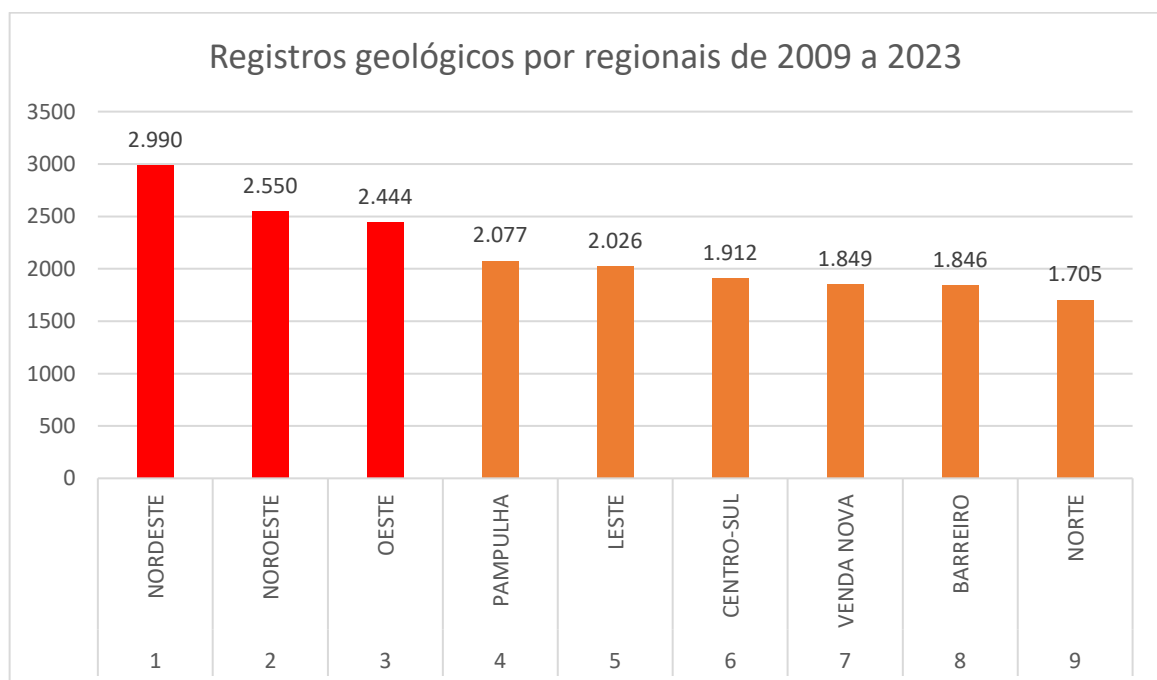
O Gráfico 1 apresenta dois anos com um número expressivo de ocorrências em relação aos demais anos. Com um total de 3.615 ocorrências registradas pela Defesa Civil de Belo Horizonte, o ano de 2020 foi marcado por intensas chuvas. Em segundo lugar, temos o ano de 2022, com 1.950 registros. Em janeiro de 2020, as chuvas foram tão intensas que, em quatro datas do mês, houve registro de Tempo de Retorno (TR) de 200 anos, sendo elas nos dias 03, 19, 23 e 24, sendo os dias 23 e 24 os mais críticos (Caputo e Siqueira, 2020). As chuvas podem ser um dos agentes naturais que potencializaram os processos erosivos, instabilidade de encostas e outros fatores, mas há outros agentes que também devem ser considerados, como os

fatores antrópicos, uma vez que, segundo o censo de 2022 do IBGE, Belo Horizonte possui cerca de 87,70% de área urbanizada.

Com base nos meses de maior incidência de chuva na capital - janeiro, outubro, novembro e dezembro -, é possível observar que no mês de janeiro de 2022, nos períodos de 08/01/2022 a 10/01/2022, o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET - registrou um total de 460,8 mm, ultrapassando a média histórica de 330,9 mm em 39%. Em outubro, foi registrado um total de 190,6 mm, considerado acima da média mensal de 110,1 mm, o que corresponde a um aumento de 73% em relação à média. Em novembro, foi registrado um total de 269,6 mm, também acima da média mensal de 236,0 mm, com um aumento de 14%. Por fim, temos o mês de dezembro, com 427,8 mm de chuvas, considerado acima da média de 339,1 mm, o que corresponde a um aumento de 26% (INMET, 2023). Ainda segundo o INMET, em 2022, somente em três dias de dezembro - 08, 21 e 31 -, houve registro de 202,2 mm de chuvas, o que corresponde a quase metade dos registros do mês todo.

O gráfico 2 apresenta a distribuição das ocorrências ao longo das diferentes unidades regionais. Ao analisar os dados apresentados, é possível compreender melhor a distribuição geográfica dos eventos registrados.

Gráfico 2 - Registros geológicos por regionais de 2009 a 2023



Fonte: SUPDEC, 2024. Adaptado pela autora.

Após a análise do gráfico, é possível constatar que a região nordeste de Belo Horizonte emerge como a área mais crítica em termos de ocorrências registradas. Os dados revelam uma concentração significativa de eventos nessa região, sugerindo uma maior vulnerabilidade ou exposição a determinados riscos. No entanto, se analisarmos os índices juntamente com as demais regionais ao longo desses 14 anos, é possível perceber que todas as regionais possuem níveis consideráveis de ocorrências.

Ainda sobre a padronização das tipologias, desafios significativos foram enfrentados na filtragem dos dados devido a alguns erros identificados, como discrepâncias nos nomes dos bairros, endereços incompletos e duplicidade de informações. Além disso, a ausência de cadastro da regional na planilha dificultou ainda mais o processo.

Para resolver essa questão e garantir a inclusão dos dados referentes às regionais correspondentes às ocorrências, recorreu-se ao software "QGIS". Utilizou-se a ferramenta de "interseção" disponível em vetor/geoprocessamento/interseção para adicionar a camada "Regional" do banco de dados da PRODABEL, conhecido como BHMAP. Esse procedimento nos permitiu classificar os dados e estabelecer as correlações entre as tipologias e as diferentes regiões de Belo Horizonte, como mostra o Quadro 7.

Quadro 7 - Classificação dos dados e a correlação entre as tipologias e as diferentes regiões - 2009 a 2023

TIPOLOGIA DE RISCOS	REGIONAIS DE BELO HORIZONTE									
	BA	CS	LE	NE	NO	NT	OE	PA	VN	Total Geral
Abatimento de piso	76	80	69	77	110	91	120	110	87	820
Abatimento no solo	23	26	28	34	31	24	33	32	32	263
Desabamento de muro de arrimo	46	29	62	95	66	48	61	44	50	501
Desabamento parcial de muro	39	36	49	63	67	38	63	47	55	457
Desaterro em obras de engenharia ou construções	29	61	27	42	33	20	45	47	30	334
Deslizamento de encosta	440	320	310	486	562	306	503	426	348	3701
Erosão do solo	65	41	48	96	75	64	82	64	77	612
Erosão em rua	49	87	86	90	79	68	78	42	73	652
Erosão por rompimento de rede de esgoto ou drenagem	28	18	34	49	32	32	18	19	22	252
Fratura no solo	3	1	0	2	0	0	1	1	0	8
Fraturas em afloramentos rochosos - áreas de pedreira	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Plantas comprometendo a estrutura	2	3	4	2	6	3	3	4	1	28
Risco de desabamento de muro	423	445	588	759	679	412	619	555	495	4975
Risco de desabamento de muro de arrimo	42	92	74	122	85	48	83	61	48	655
Risco de Desabamento Parcial de Muro de Arrimo	35	51	63	71	55	36	69	49	25	454
Risco de deslizamento de encosta	415	398	400	794	485	391	463	387	348	4081
Risco de deslizamento de via pública	6	3	4	4	1	4	10	1	1	34
Risco de queda/tombamento/rolamento de material	15	78	42	48	50	28	44	24	17	346
Solapamento	4	0	0	0	1	1	0	1	1	8
Terreno instável	6	7	4	4	4	1	7	8	5	46
Trincas e rachaduras no muro	100	136	131	152	128	90	142	155	134	1168
Total Geral	1846	1912	2023	2990	2550	1705	2444	2077	1849	19396
Legenda: BA- BARREIRO, CS- CENTRO-SUL, LE-LESTE, NE-NORDESTE, NO-NOROESTE, N-NORTE, OE-OESTE, PA-PAMPULHA, VN-VENDA NOVA.										

Fonte: SUPDEC, 2024. Adaptado pela autora.

Os dados tratados foram inseridos no *software* "QGIS" para a elaboração de mapas temáticos sobrepondo as regionais com filtro por tipologia de riscos e, posteriormente, sobrepondo as camadas da PRODABEL: Área de risco associado a escavações, Área de risco de erosão e assoreamento e, por último, Área de risco de escorregamento. Essa sobreposição foi realizada para investigar se as ocorrências

registradas pela Defesa Civil se correlacionam com os riscos identificados pela Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). O método utilizado para tal consistiu em unificar, em uma só camada, as três áreas de riscos citadas anteriormente e sobrepor as camadas de ocorrência relativas ao período de 2019 a 2013. Com os dados, foi gerado o quadro 8.

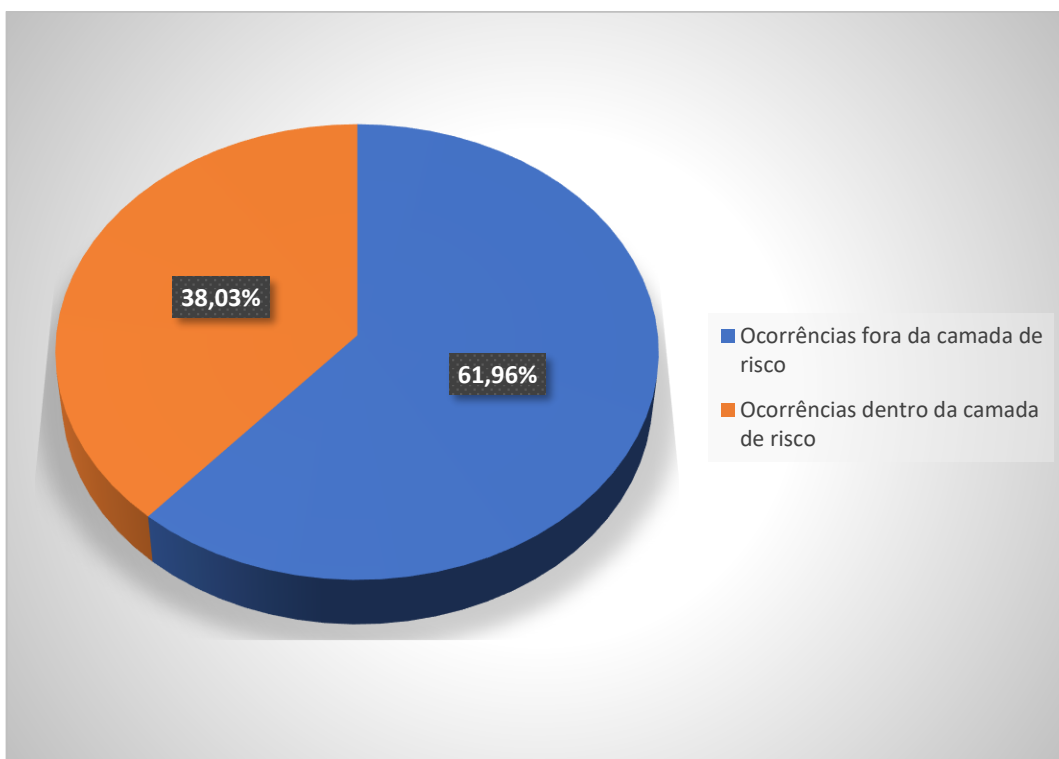
Quadro 8 - Quantitativo de ocorrências registradas pela Defesa Civil de Belo Horizonte dentro e fora da área de risco

OCORRÊNCIAS - 2009 A 2023	
Ocorrências fora da camada de risco	12.019
Ocorrências dentro da camada de risco	7.377
Total das ocorrências	19.396

Fonte: SUPDEC, 2024. Adaptado pela autora.

Após a sobreposição, foram registradas um total de 7.377 ocorrências dentro da área de riscos, o que representa 38,03% do total. Além disso, foi necessário sobrepor outra área denominada "área fora de risco", resultando em um total de 12.019 ocorrências fora das áreas de risco, correspondendo a 61,96% do total no município de Belo Horizonte, conforme demonstrado no Gráfico 3.

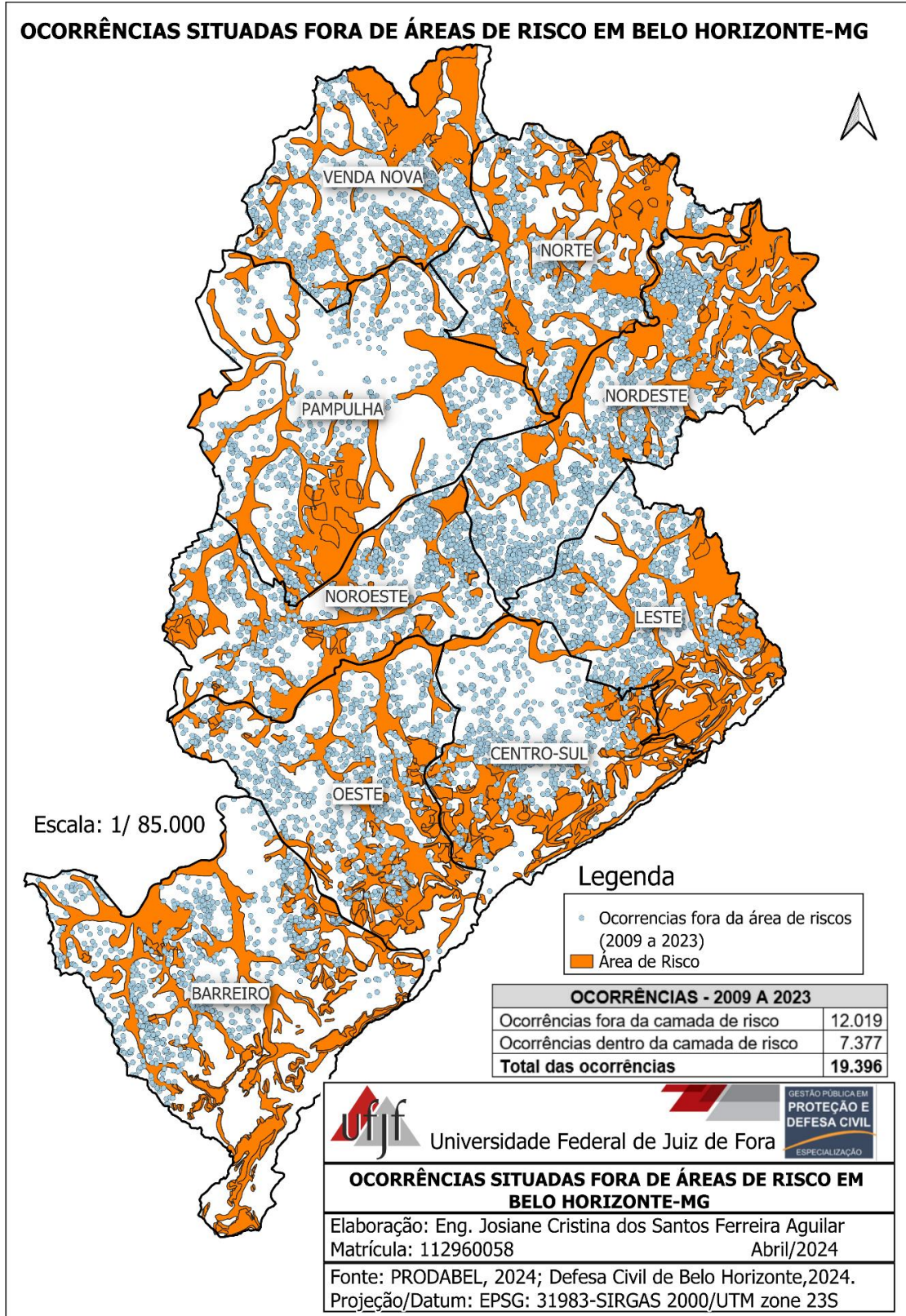
Gráfico 3 - Percentual de registros geológicos de 2009 a 2023



Fonte: SUPDEC, 2024. Adaptado pela autora.

Ainda sobre os dados obtidos, por meio do *software* “QGIS”, foram criados dois mapas para a melhor visualização espacial das ocorrências apresentadas, referentes às ocorrências dentro da área das regionais. O mapa ilustrado na Figura 10 refere-se à representação da sobreposição das ocorrências dentro das nove regionais do município, sobrepondo a camada de ‘riscos mapeados’, criada por meio da unificação dos três tipos de riscos. O mapa ilustrado na Figura 12 refere-se à sobreposição das ocorrências fora da área mapeada como de risco, também dentro das regionais.

Figura 13 - Ocorrências fora da área de risco em Belo Horizonte



Fonte: Elaborado pela autora.

Após a análise dos mapas elaborados, tornou-se evidente que o percentual de ocorrências em áreas não mapeadas como de risco é significativamente maior em comparação com aquelas que estão mapeadas, conforme os dados apresentados anteriormente. Isso ressalta a necessidade de ampliar o monitoramento da Defesa Civil para essas áreas e de auxiliar a prefeitura no que diz respeito ao uso e ocupação do solo. Além disso, sugere-se solicitar a emissão de laudos de estabilidade geológica para as áreas que apresentam a incidência de ocorrências geológicas.

Devido ao grande volume de ocorrências, foi possível correlacionar as três regiões com o maior número de registros durante o ano de pico, que foi o ano de 2020. Após a sobreposição das camadas, foi possível verificar as regiões com um número significativo de ocorrências, conforme mostra o Quadro 9.

Quadro 9 - Sobreposições dos riscos mapeados pela PBH com as ocorrências-
Regional Noroeste, Oeste e Barreiro

Regional	Mapeamento PBH	Sobrepõe a área diretamente afetada
NOROESTE	Área de risco associado a escorregamento	213
	Área de risco de erosão e assoreamento	174
	Área de risco associado a escavação	155
	Total de ocorrências na regional noroeste	650
	Total de ocorrências dentro da área afetada	542
OESTE	Mapeamento PBH	Sobrepõe a área diretamente afetada
	Área de risco associado a escorregamento	109
	Área de risco de erosão e assoreamento	102
	Área de risco associado a escavação	141
	Total de ocorrências na regional oeste	558
Total de ocorrências dentro da área afetada	352	
BARREIRO	Mapeamento PBH	Sobrepõe a área diretamente afetada
	Área de risco associado a escorregamento	91
	Área de risco de erosão e assoreamento	19
	Área de risco associado a escavação	74
	Total de ocorrências na regional barreiro	484
Total de ocorrências dentro da área afetada	184	

Fonte: SUPDEC, 2024. Adaptado pela autora.

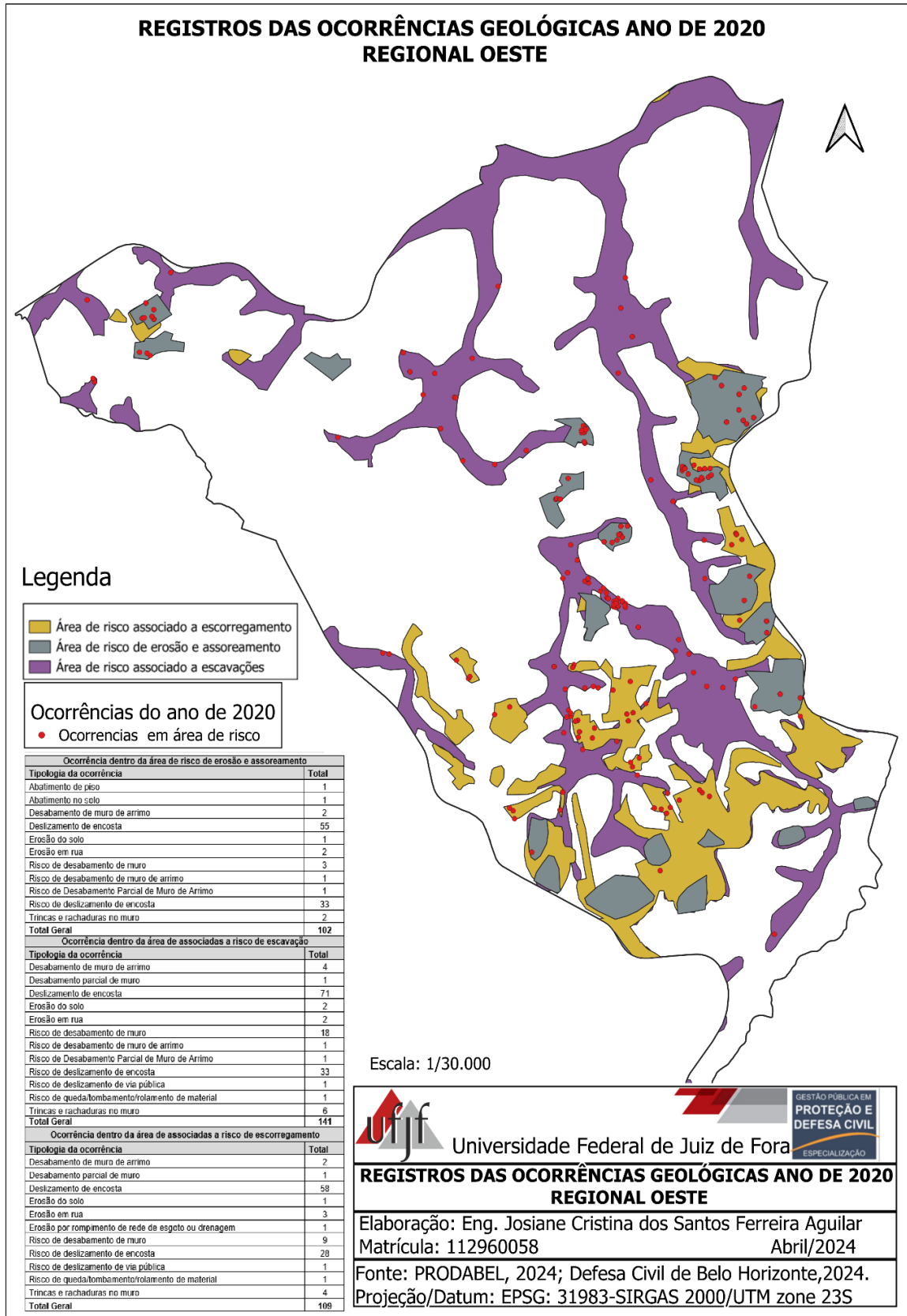
De acordo com o quadro 9, a regional Noroeste apresentou 650 registros de ocorrências no ano de 2020; desses, há 542 registros dentro da área diretamente afetada por riscos geológicos, correspondendo a 83,38% das ocorrências registradas pela Defesa Civil de Belo Horizonte. Esses números indicam que a área está sujeita a uma série de desafios e ameaças relacionadas a fenômenos geológicos.

É importante destacar que tais riscos podem representar sérios perigos para a população e a infraestrutura local. Para melhor visualização, os riscos foram apresentados na Figura 14.

A regional Oeste apresentou 558 registros de ocorrências, sendo que 352 desses registros estão dentro da área diretamente afetada por riscos geológicos, correspondendo a 63,08% do total de ocorrências registradas pela Defesa Civil de Belo Horizonte. Essa proporção também indica uma situação significativa de vulnerabilidade aos fenômenos geológicos nessa área específica. Para melhor visualização, os riscos foram apresentados na Figura 15.

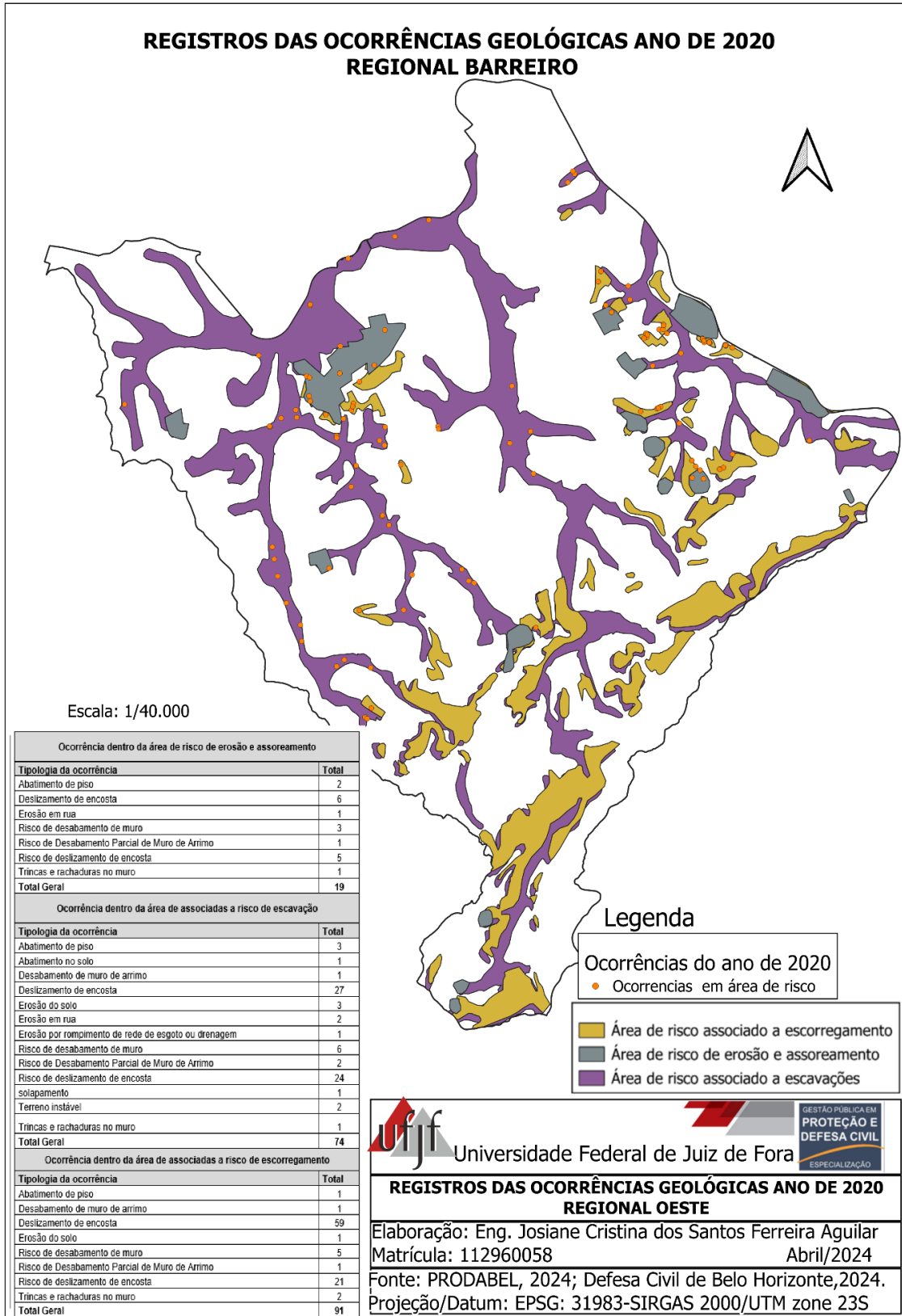
De acordo com os dados apresentados no quadro 9, a regional Barreiro registrou um total de 484 ocorrências, das quais 184 foram identificadas em áreas de riscos geológicos, correspondendo a 38,01% das ocorrências registradas pela Defesa Civil de Belo Horizonte. Para uma melhor visualização, os riscos foram apresentados na Figura 16.

Figura 15 - Áreas de riscos geológicos na regional Oeste



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 16 - Áreas de riscos geológicos na regional Barreiro



Fonte: Elaborado pela autora.

Especificamente em relação às áreas de risco, constatou-se que essas possuem sobreposições de ocorrências de acordo com o tipo do risco. Essa sobreposição entre as áreas de risco geológico e as ocorrências registradas sugere uma correlação significativa entre esses dois aspectos.

A relação entre as áreas de risco e as ocorrências registradas valida a importância de identificar e de mapear essas áreas para implementar medidas preventivas e de gestão de riscos eficazes, visando proteger as comunidades vulneráveis e reduzir o impacto desses eventos sobre elas.

4.2 EDIFICAÇÕES EM ÁREAS DE RISCO

Os dados correspondentes às áreas de risco das três regionais foram sobrepostos à camada de “edificações” no *software* “QGIS”, com o objetivo de avaliar o índice de edificações situadas em áreas de risco no município de Belo Horizonte e a relação com as ocorrências registradas.

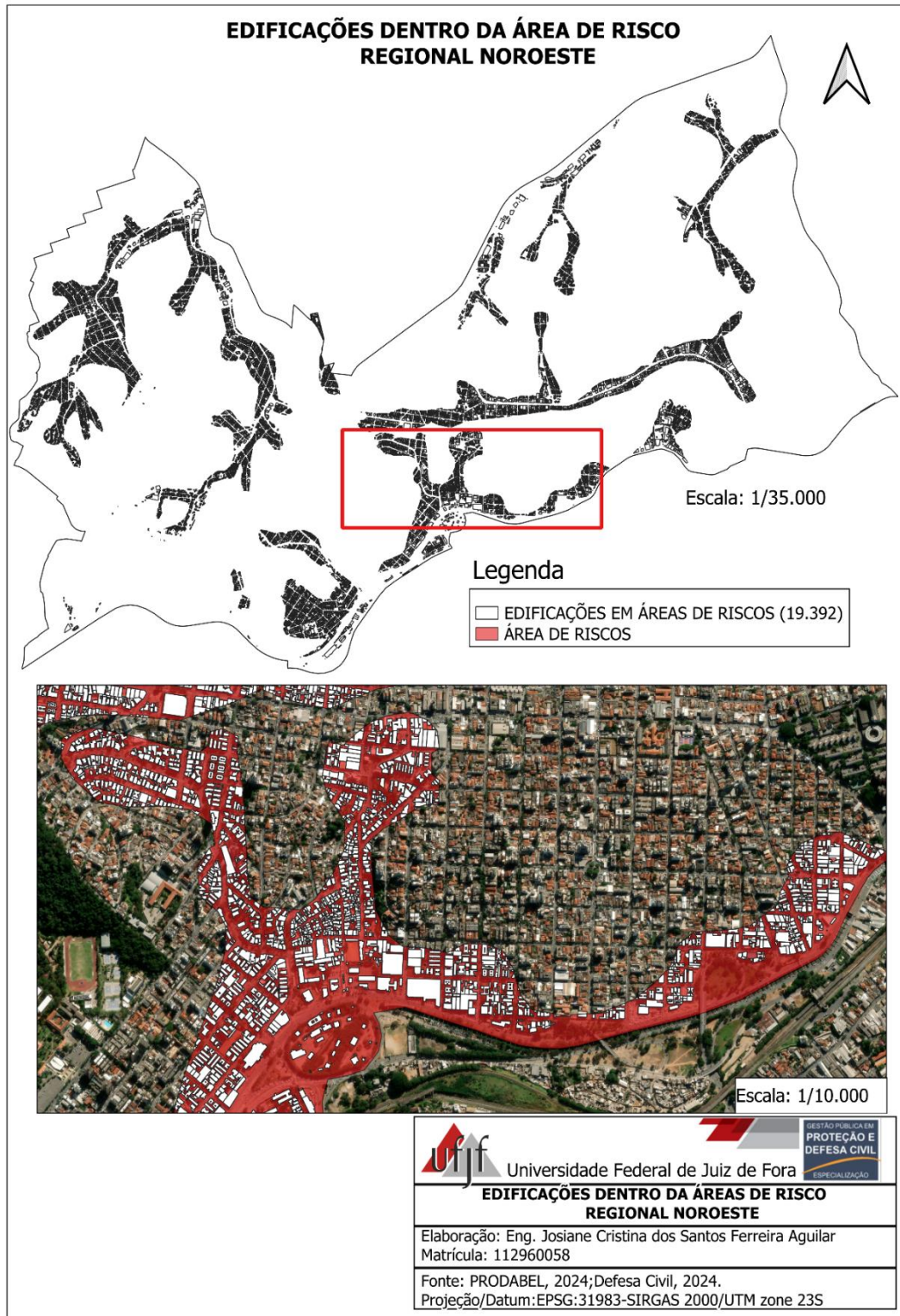
Após o tratamento dos dados, foram obtidos os seguintes resultados: na regional Noroeste, foram identificadas cerca de 19.392 edificações em áreas consideradas de risco pelo município que estão situadas em áreas com risco associado à escavação, erosão, escorregamento e assoreamento, como ilustrado na Figura 17.

Na regional Oeste, foram encontradas 15.377 edificações em áreas de risco, também associadas a riscos de escavação, erosão, escorregamento e assoreamento, conforme mostra a Figura 18.

Por fim, na regional Barreiro, foram contabilizadas 20.308 edificações, que se encontram em situação semelhante às regionais anteriores, conforme visto na Figura 19. É importante ressaltar que a construção de edificações em áreas de riscos geológicos é autorizada desde que seja atestada por um responsável técnico, por meio de um laudo que comprove a viabilidade da edificação no local em questão. No entanto, a maioria das edificações nas regionais em estudo não possui aprovação junto à Secretaria Municipal de Política Urbana (SMPU), órgão responsável pelos processos de parcelamentos, aprovações de lotes e outros. Essa constatação levanta

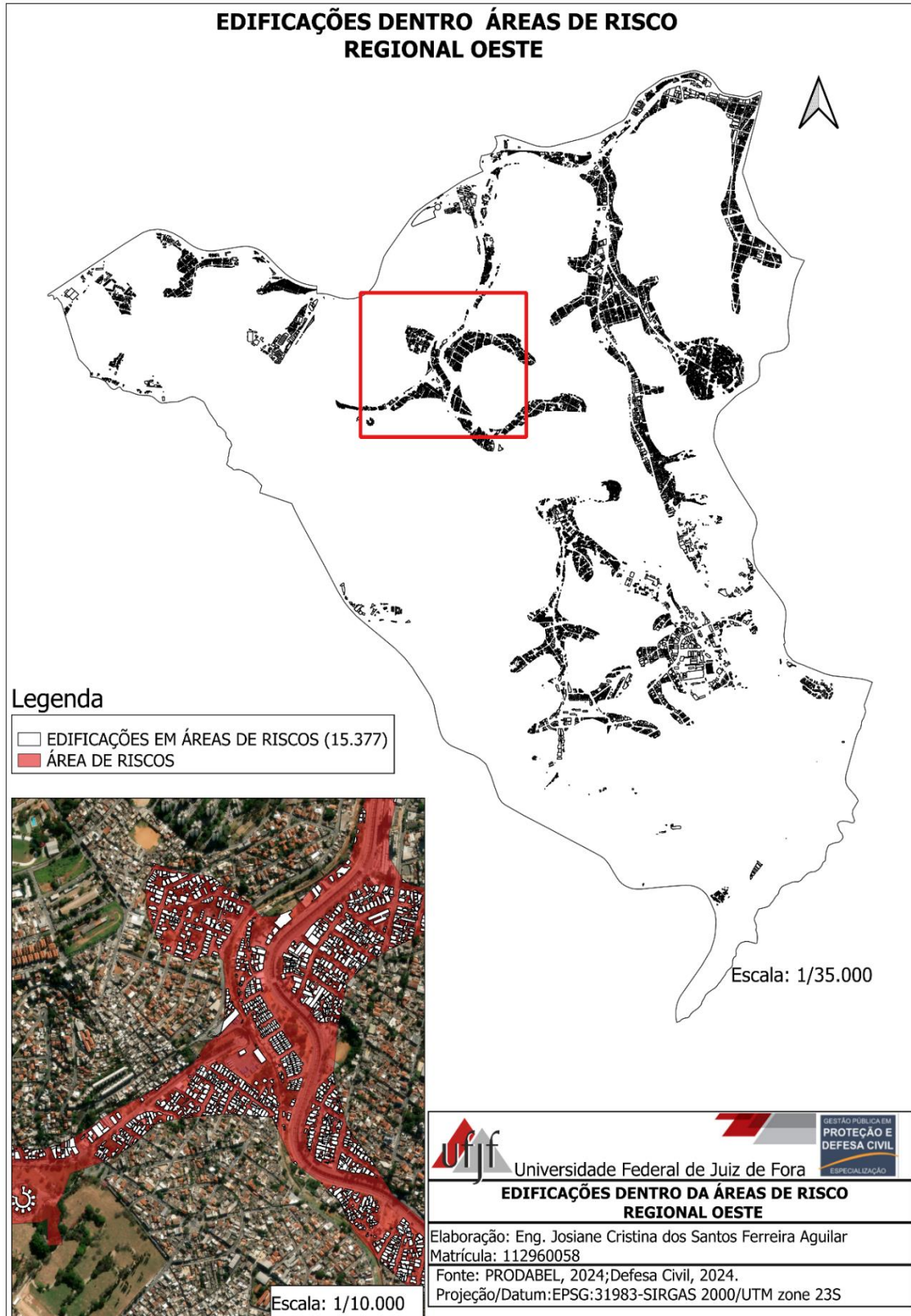
questões importantes sobre a segurança e a legalidade das construções nessas áreas de risco.

Figura 17 - Edificações em área de risco – regional Noroeste



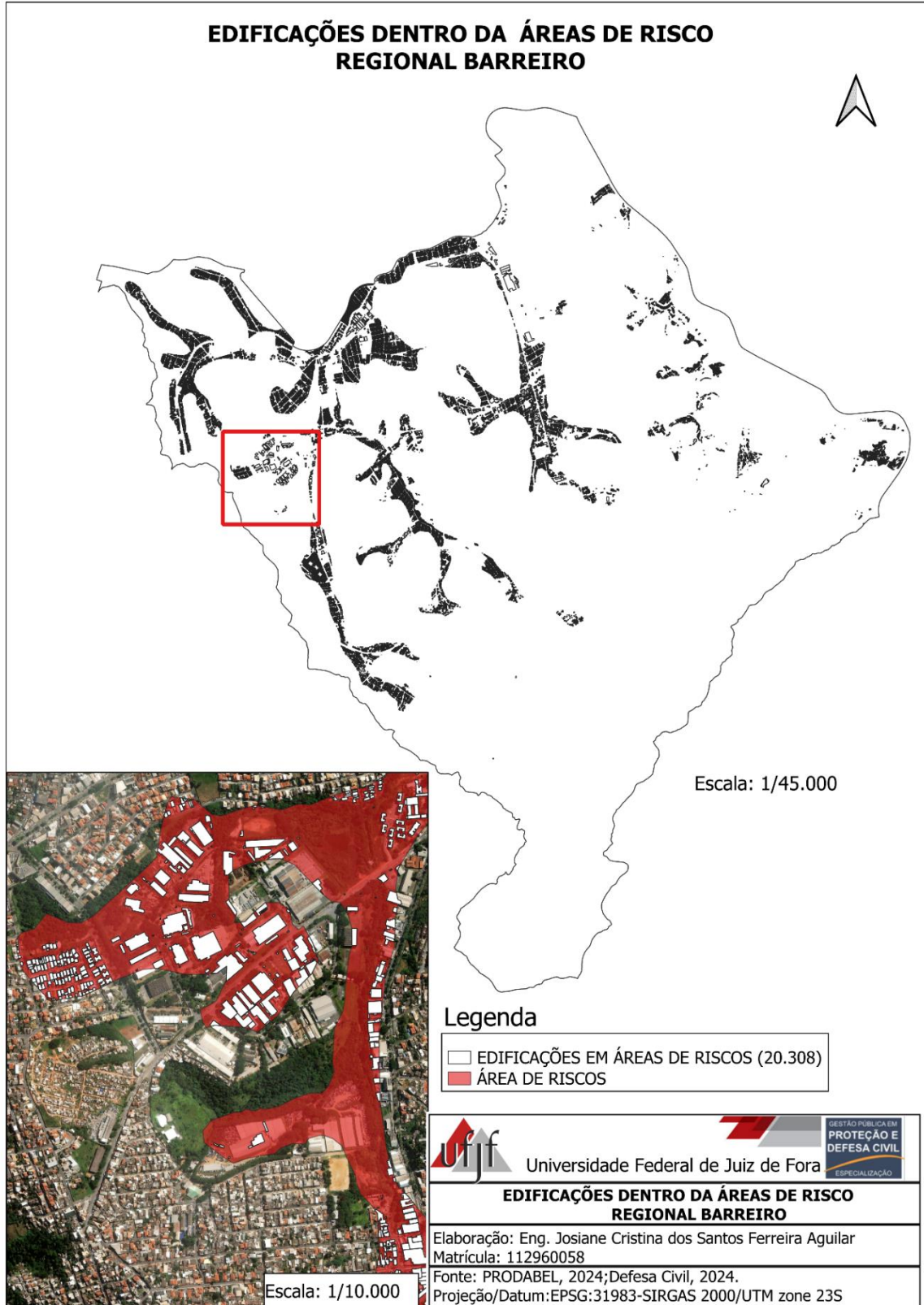
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 18 - Edificações em área de risco – regional Oeste



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 19 - Edificações em área de risco – regional Barreiro



Fonte: Elaborado pela autora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo geral analisar os fatores que contribuem para os riscos geológicos em Belo Horizonte, utilizando o banco de dados disponibilizado pela Defesa Civil e um Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramentas principais. Para isso, foram estabelecidos objetivos específicos, que incluíam consolidar e padronizar os dados da Defesa Civil, correlacionar as ocorrências de risco com as divisões regionais do município e examinar detalhadamente as áreas mais afetadas.

A análise do banco de dados da Defesa Civil permitiu identificar padrões e peculiaridades em diferentes áreas do município, contribuindo para uma compreensão mais profunda dos processos envolvidos nos riscos geológicos. A utilização do SIG facilitou a visualização e o mapeamento desses dados, possibilitando uma análise espacial detalhada das áreas afetadas.

Ao longo da pesquisa, foi possível constatar uma correlação significativa entre as ocorrências registradas e as áreas de risco geológico, especialmente nas regionais Noroeste, Oeste e Barreiro no ano de 2020. Essas regiões apresentaram altas concentrações de edificações em áreas consideradas de risco, destacando a importância de se compreender e gerir adequadamente esses locais para garantir a segurança da população. Foi possível constatar também que houve uma maior quantidade de ocorrências registradas pela Defesa Civil fora das áreas mapeadas como de riscos, indicando assim a necessidade de inclusão destes dados para uma posterior atualização das camadas do Banco de Dados Geocorporativos da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, visto que este é a base para a indicação de áreas das quais será exigido o laudo de riscos geotécnicos com fins de ocupação do solo.

A metodologia adotada foi eficaz para identificar e mapear as áreas de risco, permitindo uma análise detalhada da distribuição das ocorrências pelo município. No entanto, o estudo enfrentou algumas limitações, como a falta de dados precisos sobre o cadastro das ocorrências e a dificuldade de associar as tipologias apresentadas aos riscos geológicos, devido à abrangência das opções disponíveis. Embora os dados da Defesa Civil sejam adequados em termos de quantidade de informações para o uso em pesquisas científicas, eles exigiriam uma melhor estruturação e padronização.

No entanto, reconhece-se que esses dados atendem às necessidades da instituição. Sistematizar esse banco de dados poderia proporcionar melhorias e informações mais precisas para a Defesa Civil e a prefeitura, auxiliando os gestores na tomada de decisões e na melhoria dos planos de emergência.

Diante dessas considerações, este estudo não se esgota por aqui. Sugere-se que trabalhos futuros possam aprofundar a análise dos fatores que contribuem para os riscos geológicos em Belo Horizonte, considerando não apenas os aspectos geográficos, mas também os socioeconômicos e ambientais. Além disso, seria interessante investigar medidas preventivas e mitigatórias para reduzir os impactos desses riscos no município e promover a segurança da população.

Este estudo contribui para o entendimento dos riscos geológicos em Belo Horizonte e destaca a importância de políticas públicas e ações de gestão eficazes para lidar com esses desafios. Ao continuar explorando esse tema, será possível desenvolver estratégias mais robustas e sustentáveis para proteger a população e o patrimônio do município contra eventos adversos relacionados aos riscos geológicos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Mayk. **Erosão fluvial é agravada em margens de rios sem vegetação**. Agro20, 2019. Disponível em: <https://www.agro20.com.br/erosao-fluvial/>. Acesso em: 30 mar. 2024.

AROEIRA, Ricardo de Miranda (org.). PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE 2020/2023: pms 2020/2023. PMS 2020/2023. 2020. PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, DGAU, SMOBI,. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2021/_pms2020-2023_texto_completo.pdf. Acesso em: 13 jul. 2024.

AZEVEDO, Úrsula Ruchkys de. *et. al.* **Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG)**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2012. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17149/1/quadrilatero.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2024.

BELO HORIZONTE. **Lei nº 11.181, de 31 de agosto de 2019**. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-legislacao/lei/11181/2019>>. Acesso em: 11 mai. 2024.

BHMAP. Belo Horizonte Mapas. Belo Horizonte: Portal BHMap, 2024. Disponível em: <https://bhmap.pbh.gov.br/>. Acessado em: 10 mai.2024.

BORSAGLI, Alessandro. **Os anos 1950: Metropolização e desordem urbana**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://curraldelrei.blogspot.com/2011/07/os-anos-1950-metropolizacao-e-desordem.html>. Acesso em: 17 fev. 2024.

BRASIL. **Como se Organiza a Defesa Civil no Brasil**. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/sinpdec/como-se-organiza>. Acesso em: 18 abr. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 abr. 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em: 18 abr. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.750, de 12 de dezembro de 2023**. Altera as Leis nºs 12.608, de 10 de abril de 2012, e 12.340, de 1º de dezembro de 2010, para aprimorar os instrumentos de prevenção de acidentes ou desastres e de recuperação de áreas por eles atingidas, as ações de monitoramento de riscos de acidentes ou desastres e a produção de alertas antecipados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 dez. 2023.

Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2023/lei-14750-12-dezembro-2023-795051-publicacaooriginal-170405-pl.html>. Acesso em: 18 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Anuário brasileiro de desastres naturais**. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília: CENAD, 2012b. Disponível em: https://www.icict.fiocruz.br/sites/www.icict.fiocruz.br/files/AnuariodeDesastresNaturais_2012.pdf. Acesso em: 10 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília, 2020a. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/DOCU_cobrade2.pdf. Acesso em: 30 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Glossário de Defesa Civil – Estudos de riscos e medicina de desastres**. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília, 2020b. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/glossario.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 21 mai. 2024.

CAPUTO, Úrsula Kelli.; SIQUEIRA, Rejane. **Precipitações de janeiro de 2020 no município de Belo Horizonte - MG**. XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas, p. 1-10. 2020. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/131/XIIIENAU-IISSRU0077-2-20201016-093343.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2024.

CARVALHO, José Alberto Lima de. *et al.* **Episódio de terras caídas no Rio Amazonas: caso Costa da Águia, Parintins- AM**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2018. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/4beb23f76aa2e3d0796979ec5eb3bff1_21e0727682258f40d3b7f56e53fa48b6.pdf. Acesso em: 05 abr. 2024.

CASADO, A. P. B. *et al.* **Evolução do processo erosivo na margem direita do Rio São Francisco (perímetro irrigado Cotinguiba / Pindoba – SE)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/t4Rwkjn7h7h6KsrKzZ3Lnws/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 05 abr. 2024.

CEPED/UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991-2012**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2ª. Ed. Florianópolis, 2013.

Disponível em: <https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/202211/22111507-desastres-naturais-2003-2021.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2024.

CLIMATEMPO. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Belo Horizonte**. Climatologia em Belo Horizonte, 2024. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/107/belohorizonte-mg>. Acesso em: 10 mai. 2024.

CONCEIÇÃO, Rodrigo Silva da.; COSTA, Vivian Castilho da. **Cartografia e geoprocessamento**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2013. Disponível em: <https://canal.cecierj.edu.br/012016/bcecd24030e8874a77493ebf6d541668.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

DUARTE, André Ricardo Barbosa. **Histórico da urbanização de Belo Horizonte a partir da década de 70. Uma análise das políticas públicas ambientais e de urbanização do município**. Revista Ambiental em Ação, 2004. Disponível em: <https://revistaea.org/pf.php?idartigo=709#:~:text=A%20urbaniza%C3%A7%C3%A3o%20em%20BH%20nas,e%20subterr%C3%A2neas%20via%20esgotamentos%20irregulares>. Acesso em: 17 fev. 2024.

FACURI, Gabriel Guimarães. **Movimentos de massa**. Serviço Geológico do Brasil. São Paulo, 2020. Disponível em: file:///C:/Users/Ivan%20Neto/Downloads/movimentos_massa_v2.pdf. Acesso em: 30 mar. 2024.

FARIA, Caroline. **Geoprocessamento**. InfoEscola, 2021. Disponível em: <https://www.infoescola.com/cartografia/geoprocessamento/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FELIX, Amanda Santos. *et al.* **A gestão do risco de desastres: um olhar para os registros de ocorrências da defesa civil do município do Rio de Janeiro**. Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino Americana: São Paulo, 2016. Disponível em: <https://defesacivil.uff.br/wp-content/uploads/sites/325/2020/10/2016-A-gesto-do-risco-de-desastres-Amanda-Santos-Felix-Mnica-de-A.-G.-M.-da-Hora-e-Francisco-Jos-B.-de-Sousa.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

FILHO, Silvio da Costa Lana. **Uso do levantamento rápido de atingidos por desastre (LERAD) como ferramenta auxiliar para o mapeamento de ocorrências de alagamentos e de inundações no município de Belo Horizonte (MG)**. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2022. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/19ZT7F8BiGUiBzOkB-E8ECtAw0SfEF4EA/view>. Acesso em: 17 fev. 2024.

FREIRE, Luciana Martins.; LIMA, Joselito Santiago.; SILVA, Juliana Nogueira da. **Riscos geológicos em áreas urbanas: implicações socioambientais em duas cidades Paraenses**. Revista GeoAmazônia. v. 6, n. 11. Belém, 2018. Disponível em: <https://sigaa.ufpa.br/sigaa/verProducao?idProducao=418029&key=1df973ff80bf1c0c0eca9bcfa7068e11#:~:text=O%20risco%20geol%C3%B3gico%2C%20estudo%20da>

,fei%C3%A7%C3%B5es%20erosivas%2C%20enchente%20e%20inunda%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 10 mar. 2024.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2017. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7237624/mod_resource/content/1/Ant%C3%B4nio%20C.%20Gil_Como%20Elaborar%20Projetos%20de%20Pesquisa.pdf. Acesso em: 16 abr. 2024.

GERHARDT, Tatiana Engel.; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2024.

GUITARRARA, Paloma. **Deslizamento de terra no Brasil**. Brasil Escola, 2022. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/enchentes-deslizamentos-terra-no-brasil-principais-causas.htm>. Acesso em: 17 fev. 2024.

GUITARRARA, Paloma. **Sistema de Informações Geográficas (SIG)**. Brasil Escola, 2023. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/sig.htm#:~:text=Sistema%20de%20Informa%C3%A7%C3%B5es%20Geogr%C3%A1ficas%2C%20ou,que%20acontecem%20na%20superf%C3%ADcie%20terrestre>. Acesso em: 20 abr. 2024.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/belo-horizonte.html>. Acesso em: 20 abr. 2024.

IDE-SISEMA. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2024. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 20 abr. 2024.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Balanço: janeiro foi de muita chuva em Belo Horizonte (MG)**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/balan%C3%A7o-janeiro-foi-de-muita-chuva-em-belo-horizonte-mg>. Acesso em: 12 mai. 2024.

_____. Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2017. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências.. Disponível em: https://www.defesacivil.se.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/instru%C3%A7%C3%A3o_normativa_n%C2%BA_01_de_24_de_agosto_de_2012-2.pdf. Acesso em: 09 jul. 2024.

LUCAS, Taíza Pinho Barroso. *et al.* **Impactos Hidrometeorológicos em Belo Horizonte - MG**. Revista Brasileira de Climatologia. v. 16, p. 7-28. Universidade Federal do Paraná, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v16i0.37051>. Acesso em: 17 fev. 2024.

MACHADO, Marcelly Ferreira.; SILVA, Sandra Fernandes de. Geodiversidade do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2010. 131 p.

MARCONI, Mariana de Andrade.; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india. Acesso em: 16 abr. 2024.

MORAES DA SILVA, Noilton. **Defesa Civil e sua importância nos estados e municípios**. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNINTER: Florianópolis, 2017.

Moura, Janderson Carlos Bezerra de. *et al.* **Aplicação do Geoprocessamento na Gestão Ambiental das Empresas Especializadas em Projetos de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal**. Ciências Agrárias, v. Edição 128, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/aplicacao-do-geoprocessamento-na-gestao-ambiental-das-empresas-especializadas-em-projetos-de-reducao-de-emissoes-por-desmatamento-e-degradacao-florestal/>. Acesso em: 28 abr. 2024.

NEVES, José Luís. **Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades**. FEA – USP. São Paulo – SP. V. 1, nº 3, 1996. Disponível em: https://www.hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/NEVES-Pesquisa_Qualitativa.pdf. Acesso em: 16 abr. 2024.

Oliveira, Emerson Luís de. **O Uso de Ferramentas de Geoprocessamento de Imagens para Análise da Morfologia da Praia de Balneário Piçarras - Santa Catarina**. Metodologias E Aprendizado, v. 2, 2020. 174–180. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/metapre/article/view/1425/1096>. Acesso em: 28 abr. 2024.

OLIVEIRA, Marcelo Tuler de. **Estudo de movimentos de massa gravitacionais no município de Belo Horizonte, MG**. Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2009. p.106. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/815/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2024.

OLIVEIRA, Márcia Gouveia de.; PEREIRA, Margarete Aparecida. **O uso do geoprocessamento para análise e diagnóstico de problemas sociais ocasionados pela topografia da Vila Buraco da Coruja do município de Contagem – MG**. Brazilian Journal of Development. Curitiba, 2021.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia Científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração**. Catalão: UFG, 2011. 72 p. Disponível em:

https://adm.catalao.ufg.br/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 16 abr. 2024.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Belo Horizonte: A cidade planejada.** Anexo IV – Síntese da história de BH, 2018. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/2018/planejamento-urbano/cca_anexo_iv_-_sintese_da_historia_de_bh.pdf. Acesso em: 17 fev. 2024.

PASCOAL JUNIOR, José Maria.; Silva, Vitor Alexandre da. **Gestão de Risco e Desastres em Defesa Civil.** Editora e Distribuidora Educacional S.A.: Londrina, 2018. Disponível em: http://cm-cls-content.s3.amazonaws.com/201801/INTERATIVAS_2_0/GESTAO_DE_RISCO_E_DESASTRES_EM_DEFESA_CIVIL/U1/LIVRO_UNICO.pdf Acesso em: 09 jul. 2024.

RAUPP, Fabiano Maury.; BEUREN, Ilse Maria. **Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade:** Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. São Paulo: Atlas, p. 76-96, 2004. Disponível em: http://www.geocities.ws/cienciascontabeisfecea/estagio/Cap_3_Como_Elaborar.pdf. Acesso em: 16 abr. 2024.

RODRIGUES, Lorrany Antunes Alves. **Impacto do processo de urbanização na formação de enchentes e alagamentos em Belo Horizonte, MG.** Repositório Institucional da UFMG, Montes Claros, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/36383/5/TFE-Lorrany%20Alves-%20vers%C3%A3o%20final%20repertorio%20ufmg.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2024.

ROSA, Roberto. **O uso de tecnologias de informação geográfica no Brasil.** Revista Geográfica de América Central, vol. 2, pp. 1-17. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744820802.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

SANTIAGO, Emerson. **Grand Canyon.** InfoEscola, 2010. Disponível em: <https://www.infoescola.com/geologia/grand-canyon/>. Acesso em: 05 abr. 2024.

SANTA CATARINA. **Gestão de Risco. Defesa Civil, 2024.** Disponível em: <https://www.defesacivil.sc.gov.br/municipios/gestao-de-risco-o-que-e/#:~:text=O%20termo%20%22risco%22%2C%20na,sistema%20receptor%20a%20seus%20efeitos.> Aceso em: 9 de jul. 2024.

SUPDEC. **Dados brutos disponibilizados diretamente para a autora em 2024.**

SANTORO, Jair.; AMARAL, Rosangela do.; MONI, Sandra. **Você sabe o que é erosão continental?** Instituto Geológico: São Paulo, 2015. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/igeo/sites/233/2022/03/colecao-geonatural-n-03-voce-sabe-o-que-e-erosao-continental.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2024.

SEDEC. Ministério da Integração Nacional. **Noções Básicas em Proteção e Defesa Civil e em gestão de riscos**. Sub-Chefia de Proteção e Defesa Civil, Rio Grande do Sul, 2017. <https://www.defesacivil.rs.gov.br/upload/arquivos/201710/05172051-01-gestao-de-risco.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2024.

SILVA, Marina Rozendo. **Influência do relevo e uso da terra nas variações locais de temperatura e umidade relativa do ar em Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro-MG**. Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2018. 186 p.

SILVA, Melina de Melo; STEFANUTO, Estêvão Botura; LUPINACCI, Cenira Maria. **A contribuição da cartografia do relevo para análise de feições erosivas lineares na alta bacia do ribeirão da Boa Vista- Corumbataí (SP)**. v. 37, n. 82, p. 275-302. Universidade Federal de Santa Catarina, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e77196>. Acesso em: 20 abr. 2024.






SOUZA, Jennifer Aline do Lago. **Entenda as origens e o impacto da favelização no Brasil**. Politize – Cidadania, Cultura e Sociedade, 2023. Disponível em: <https://www.politize.com.br/origens-da-favelizacao/>. Acesso em: 17 fev. 2024.

TOMINAGA, Lídia Keiko. **Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos**: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2007. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-18102007-155204/publico/TESE_LIDIA_KEIKO_TOMINAGA.pdf. Acesso em: 13 mar. 2024.










TOMINAGA, Lídia Keiko.; SANTORO, Jair.; AMARAL, Rosangela do. **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. Instituto Geológico: São Paulo, 2009. Disponível em: <https://arquivo.ambiente.sp.gov.br/publicacoes/2016/12/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2024.








URBEL. **Diagnóstico da situação de risco geológico das vilas, favelas e conjuntos habitacionais de Belo Horizonte**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Prefeitura de Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19198>. Acesso em: 20 abr. 2024.









ANEXO A – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)






	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
1. NATURAIS	1. Geológico	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	Vibrações do terreno que provocam oscilações verticais e horizontais na superfície da Terra (ondas sísmicas). Pode ser natural (tectônica) ou induzido (explosões, injeção profunda de líquidos e gás, extração de fluidos, alívio de carga de minas, enchimento de lagos artificiais).	1.1.1.1.0	
			2. Tsunami	0	Série de ondas geradas por deslocamento de um grande volume de água causado geralmente por terremotos, erupções vulcânicas ou movimentos de massa.	1.1.1.2.0	
		2. Emissão vulcânica	0	0	Produtos/materiais vulcânicos lançados na atmosfera a partir de erupções vulcânicas.	1.1.2.0.0	
		3. Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	1. Blocos	As quedas de blocos são movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.1	
					Os tombamentos de blocos são movimentos de massa em que ocorre rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa desprendida.		
					Rolamentos de blocos são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorrem geralmente pela perda de apoio (descaçamento).		
					2. Lascas		
		3. Matacões	Os rolamentos de matacões são caracterizados por movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas e movimentam-se num plano inclinado.	1.1.3.1.3			
		4. Lajes	As quedas de lajes são movimentos rápidos e acontecem quando fragmentos de rochas extensas de superfície mais ou menos plana e de pouca espessura se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.4			
		2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e/ou rocha	São movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Frequentemente, os primeiros sinais desses movimentos são a presença de fissuras.	1.1.3.2.1		

1. NATURAIS							
GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA	
1. Geológico		3. Corridas de massa	1. Solo/Lama	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, o solo/lama, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.1		
			2. Rocha/Detrito	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, rocha/detrito, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.2		
		4. Subsidências e colapsos	0	Afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.	1.1.3.4.0		
	4. Erosão	1. Erosão costeira/Marinha	0	Processo de desgaste (mecânico ou químico) que ocorre ao longo da linha da costa (rochosa ou praia) e se deve à ação das ondas, correntes marinhas e marés.	1.1.4.1.0		
			2. Erosão de margem fluvial	0	Desgaste das encostas dos rios que provoca desmoronamento de barrancos.	1.1.4.2.0	
		3. Erosão continental	1. Laminar	Remoção de uma camada delgada e uniforme do solo superficial provocada por fluxo hídrico não concentrado.	1.1.4.3.1		
			2. Ravinas	Evolução, em tamanho e profundidade, da desagregação e remoção das partículas do solo de sulcos provocada por escoamento hídrico superficial concentrado.	1.1.4.3.2		
			3. Boçorocas	Evolução do processo de ravinamento, em tamanho e profundidade, em que a desagregação e remoção das partículas do solo são provocadas por escoamento hídrico superficial e subsuperficial (escoamento freático) concentrado.	1.1.4.3.3		
		2. Hidrológico	1. Inundações	0	0	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.	1.2.1.0.0
	2. Enxurradas		0	0	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.	1.2.2.0.0	
3. Alagamentos	0		0	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.	1.2.3.0.0		

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA		
1. NATURAIS	3. Meteorológico	1. Sistemas de grande escala/Escala regional	1. Ciclones	1. Ventos costeiros (mobilidade de dunas)	Intensificação dos ventos nas regiões litorâneas, movimentando dunas de areia sobre construções na orla.	1.3.1.1.1		
			2. Marés de tempestade (ressaca)	São ondas violentas que geram uma maior agitação do mar próximo à praia. Ocorrem quando rajadas fortes de vento fazem subir o nível do oceano em mar aberto e essa intensificação das correntes marítimas carrega uma enorme quantidade de água em direção ao litoral. Em consequência, as praias inundam, as ondas se tornam maiores e a orla pode ser devastada alagando ruas e destruindo edificações.	1.3.1.1.2			
			2. Frentes frias/Zonas de convergência	0	Frente fria é uma massa de ar frio que avança sobre uma região, provocando queda brusca da temperatura local, com período de duração inferior à friagem. Zona de convergência é uma região que está ligada à tempestade causada por uma zona de baixa pressão atmosférica, provocando forte deslocamento de massas de ar, vendavais, chuvas intensas e até queda de granizo.	1.3.1.2.0		
		2. Tempestades	1. Tempestade local/Convectiva	1. Tornados	1. Tornados	Coluna de ar que gira de forma violenta e muito perigosa, estando em contato com a terra e a base de uma nuvem de grande desenvolvimento vertical. Essa coluna de ar pode percorrer vários quilômetros e deixa um rastro de destruição pelo caminho percorrido.	1.3.2.1.1	
				2. Tempestade de raios	Tempestade com intensa atividade elétrica no interior das nuvens, com grande desenvolvimento vertical.	1.3.2.1.2		
				3. Granizo	Precipitação de pedaços irregulares de gelo.	1.3.2.1.3		
				4. Chuvas intensas	São chuvas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres (ex.: inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.).	1.3.2.1.4		
				5. Vendaval	Forte deslocamento de uma massa de ar em uma região.	1.3.2.1.5		
		3. Temperaturas extremas	1. Onda de calor	0	É um período prolongado de tempo excessivamente quente e desconfortável, onde as temperaturas ficam acima de um valor normal esperado para aquela região em determinado período do ano. Geralmente é adotado um período mínimo de três dias com temperaturas 5°C acima dos valores máximos médios.	1.3.3.1.0		

1. NATURAIS							
GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA	
3. Meteorológico		2. Onda de frio	1. Friagem	Período de tempo que dura, no mínimo, de três a quatro dias, e os valores de temperatura mínima do ar ficam abaixo dos valores esperados para determinada região em um período do ano.	1.3.3.2.1		
			2. Geadas	Formação de uma camada de cristais de gelo na superfície ou na folhagem exposta.	1.3.3.2.2		
4. Climatológico	1. Seca	1. Estiagem	0	Período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.	1.4.1.1.0		
		2. Seca	0	A seca é uma estiagem prolongada, durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico.	1.4.1.2.0		
		3. Incêndio florestal	1. Incêndios em parques, áreas de proteção ambiental e áreas de preservação permanente nacionais, estaduais ou municipais	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação situada em áreas legalmente protegidas.	1.4.1.3.1		
			2. Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação que não se encontre em áreas sob proteção legal, acarretando queda da qualidade do ar.	1.4.1.3.2		
		4. Baixa umidade do ar	0	Queda da taxa de vapor de água suspensa na atmosfera para níveis abaixo de 20%.	1.4.1.4.0		
5. Biológico	1. Epidemias	1. Doenças infecciosas virais	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por vírus.	1.5.1.1.0		
		2. Doenças infecciosas bacterianas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por bactérias.	1.5.1.2.0		
		3. Doenças infecciosas parasíticas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por parasitas.	1.5.1.3.0		
		4. Doenças infecciosas fúngicas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por fungos.	1.5.1.4.0		

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA	
1. NATURAIS	5. Biológico	2. Infestações/ Pragas	1. Infestações de animais	0	Infestações por animais que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias.	1.5.2.1.0		
			2. Infestações de algas	1. Marés vermelhas		Aglomerção de microalgas em água doce ou em água salgada suficiente para causar alterações físicas, químicas ou biológicas em sua composição, caracterizada por uma mudança de cor, tornando-se amarela, laranja, vermelha ou marrom.	1.5.2.2.1	
				2. Cianobactérias em reservatórios		Aglomerção de cianobactérias em reservatórios receptores de descargas de dejetos domésticos, industriais e/ou agrícolas, provocando alterações das propriedades físicas, químicas ou biológicas da água.	1.5.2.2.2	
		3. Outras infestações	0	Infestações que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias.	1.5.2.3.0			
2. TECNOLÓGICOS	1. Desastres relacionados a substâncias radioativas	1. Desastres siderais com riscos radioativos	1. Queda de satélite (radionuclídeos)	0	Queda de satélites que possuem, na sua composição, motores ou corpos radioativos, podendo ocasionar a liberação deste material.	2.1.1.1.0		
		2. Desastres com substâncias e equipamentos radioativos de uso em pesquisas, indústrias e usinas nucleares	1. Fontes radioativas em processos de produção	0	Escapamento acidental de radiação que excede os níveis de segurança estabelecidos na norma NN 3.01/006:2011 da CNEN.	2.1.2.1.0		
		3. Desastres relacionados com riscos de intensa poluição ambiental provocada por resíduos radioativos	1. Outras fontes de liberação de radionuclídeos para o meio ambiente	0	Escapamento acidental ou não acidental de radiação originária de fontes radioativas diversas e que excede os níveis de segurança estabelecidos na norma NN 3.01/006:2011 e NN 3.01/011:2011 da CNEN.	2.1.3.1.0		
2. Desastres relacionados a produtos perigosos	1. Desastres em plantas e distritos industriais, parques e armazenamentos com extravasamento de produtos perigosos	1. Liberação de produtos químicos para a atmosfera causada por explosão ou incêndio	0	Liberação de produtos químicos diversos para o ambiente, provocada por explosão/incêndio em plantas industriais ou outros sítios.	2.2.1.1.0			

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA	
2. TECNOLÓGICOS	2. Desastres relacionados a produtos perigosos	2. Desastres relacionados à contaminação da água	1. Liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável	0	Derramamento de produtos químicos diversos em um sistema de abastecimento de água potável, que pode causar alterações nas qualidades físicas, químicas, biológicas.	2.2.2.1.0	
			2. Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero	0	Derramamento de produtos químicos diversos em lagos, rios, mar e reservatórios subterrâneos de água, que pode causar alterações nas qualidades físicas, químicas e biológicas.	2.2.2.2.0	
		3. Desastres relacionados a conflitos bélicos	1. Liberação de produtos químicos e contaminação como consequência de ações militares	0	Agente de natureza nuclear ou radiológica, química ou biológica, considerado como perigoso, e que pode ser utilizado intencionalmente por terroristas ou grupamentos militares em atentados ou em caso de guerra.	2.2.3.1.0	
		4. Desastres relacionados a transporte de produtos perigosos	1. Transporte rodoviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal rodoviário.	2.2.4.1.0	
			2. Transporte ferroviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal ferroviário.	2.2.4.2.0	
			3. Transporte aéreo	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal aéreo.	2.2.4.3.0	
	4. Transporte dutoviário		0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal dutoviário.	2.2.4.4.0		
	5. Transporte marítimo		0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal marítimo.	2.2.4.5.0		
		6. Transporte aquaviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal aquaviário.	2.2.4.6.0		
	3. Desastres relacionados a incêndios urbanos	1. Incêndios urbanos	1. Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos	0	Propagação descontrolada do fogo em plantas e distritos industriais, parques e depósitos.	2.3.1.1.0	
			2. Incêndios em aglomerados residenciais	0	Propagação descontrolada do fogo em conjuntos habitacionais de grande densidade.	2.3.1.2.0	

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
2. TECNOLÓGICOS	4. Desastres relacionados a obras civis	1. Colapso de edificações	0	0	Queda de estrutura civil.	2.4.1.0.0	
		2. Rompimento/colapso de barragens	0	0	Rompimento ou colapso de barragens.	2.4.2.0.0	
	5. Desastres relacionados a transporte de passageiros e cargas não perigosas	1. Transporte rodoviário	0	0	Acidente no modal rodoviário envolvendo o transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.1.0.0	
		2. Transporte ferroviário	0	0	Acidente com a participação direta de veículo ferroviário de transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.2.0.0	
		3. Transporte aéreo	0	0	Acidente no modal aéreo envolvendo o transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.3.0.0	
		4. Transporte marítimo	0	0	Acidente com embarcações marítimas destinadas ao transporte de passageiros e cargas não perigosas.	2.5.4.0.0	
		5. Transporte aquaviário	0	0	Acidente com embarcações destinadas ao transporte de passageiros e cargas não perigosas.	2.5.5.0.0	